

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

**Aproximación a las posibilidades técnicas de los papeles
sintéticos de nueva generación**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Estela Isabel Cortes Alvarez

Director

Manuel Huertas Torrejón

Madrid
Ed. electrónica 2019

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

Aproximación a las posibilidades técnicas de
los papeles sintéticos de nueva generación.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR:

Estela Isabel Cortés Álvarez

Director

Prof. Dr. Manuel Huertas Torrejón

Madrid, 2018

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

Aproximación a las posibilidades técnicas
de los papeles sintéticos de nueva
generación.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR:

Estela Isabel Cortés Álvarez

Director

Prof. Dr. Manuel Huertas Torrejón

Catedrático de Universidad de Técnicas Pictóricas y
Materiales del Departamento de Pintura y Restauración
de la Universidad Complutense de Madrid

Quiero expresar mi agradecimiento al
Dr. Manuel Huertas Torrejón por dirigir
mi tesis y por su gran ayuda y apoyo en
mi trabajo y formación a lo largo de
todos estos años.

ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN	9
1.1 ABSTRACT	10
2. INTRODUCCIÓN	11
2.1 OBJETIVOS.....	21
2.2 METODOLOGÍA	22
3. EL PAPEL	23
3.1 Deterioro del papel.....	23
3.1.1 Causas internas de alteración	28
3.1.2 Causas externas de alteración	37
3.2 Permanencia y durabilidad del papel	56
3.2.1 Condiciones ambientales para la adecuada conservación de obras sobre papel.....	57
3.3 Demanda de productos de papel en el futuro	65
4. EL PAPEL SINTÉTICO	69
4.1 Introducción	69
4.2 Aproximación a la historia.....	69
4.3 Tipos de papeles sintéticos.....	71
4.3.1 Película de papel sintético.....	72
4.3.2 Papel sintético de fibras	72
4.3.3 Película laminada de papel sintético	73
4.4 Fabricación	73
4.5 Estructura	74
4.6 Información acerca del polipropileno	76
4.6.1 Aplicaciones del polipropileno	77
4.7 Características del papel sintético	77
4.7.1 Peligrosidad del material	78
4.8 Impacto medioambiental.....	79
4.9 Eliminación	80
4.10 Aplicaciones.....	81
4.10.1 Etiquetado y embalaje	81
4.10.2 Marketing y diseño	82
4.10.3 Pegatinas y libros	83
4.11 Notas especiales.....	83
4.12 Algunos datos técnicos acerca del manejo y manipulación del papel sintético	84

4.13 Degradación de los polímeros. Posibles Causas.....	87
5. PRUEBAS / ENSAYOS.....	89
5.1 Ensayo de comportamiento con materiales pictóricos	89
5.2 Ensayo para determinar el comportamiento del papel sintético de nueva generación frente a la acción de diversos agentes químicos líquidos	130
5.3 Ensayo de envejecimiento acelerado	153
5.4 Ensayo para determinar la resistencia del papel sintético de nueva generación frente a posibles agresiones pictóricas.....	161
5.5 Otros posibles ensayos a realizar	187
5.6 Comentarios globales de los ensayos	188
5.6.1 FRB 130	188
5.6.2 FPU 250	191
5.6.3 QJJ 400.....	193
6. CONCLUSIONES.....	195
7. BIBLIOGRAFÍA	198
7.1 Libros	198
7.2 Tesis Doctorales	203
7.3 Direcciones Web.....	204
7.4 Direcciones Web relacionadas	205
8. ÍNDICE DE IMÁGENES	207

1. RESUMEN

Título:

Aproximación a las posibilidades técnicas de los papeles sintéticos de nueva generación.

Introducción:

La mayoría de los papeles sintéticos están fabricados con resinas sintéticas a base de aceite (plásticos). Como resultado, los papeles sintéticos poseen características parecidas a las de la película de plástico, pero en apariencia son casi indistinguibles del papel tradicional. Los papeles sintéticos superan al papel normal en términos de resistencia a la humedad (casi ningún deterioro estructural o deformación cuando está mojado) y durabilidad (resistencia al desgarramiento). Además, son extremadamente resistentes a químicos y aceites, por lo que tienen una gran capacidad de conservación en el tiempo sin sufrir alteraciones. Actualmente, los papeles sintéticos están en pleno desarrollo y se usan principalmente para impresiones que vayan a estar sometidas a un gran desgaste, como carteles para exteriores, mapas o etiquetas, entre otras aplicaciones. Sin embargo, es un material muy atractivo que se puede adaptar perfectamente como soporte para la actividad artística.

Objetivos:

Este trabajo tiene como objetivo principal la investigación sobre las posibilidades que tiene del papel sintético como soporte de técnicas artísticas, más concretamente de dibujo y pictóricas.

Resultados:

Partiendo de una exhaustiva recopilación de información y muestras del material, se han realizado una serie de ensayos para comprobar las posibilidades de los distintos papeles sintéticos sometidos a distintos ambientes extremos para comprobar su estabilidad, y se han probado con diversas técnicas pictóricas para comprobar su compatibilidad con las mismas.

Como resultado de estas pruebas, se ha comprobado que casi todos los grados de papel sintético reúnen los requisitos necesarios para su empleo con fines artísticos, superando en términos de estabilidad y durabilidad al papel tradicional.

Conclusiones:

El papel sintético de nueva generación es un material con muchas posibilidades en el campo artístico por su gran estabilidad a los agentes químicos y atmosféricos y por su versatilidad al aceptar diferentes técnicas pictóricas. Sería muy interesante que los fabricantes estudiaran realizar una línea especial para artistas.

1.1 ABSTRACT

Title:

Approach to the technical possibilities of the new generation of synthetic papers.

Introduction:

Most synthetic papers are made from oil based synthetic resins (plastics). As a result, synthetic papers have characteristics similar to those of plastic films, but in appearance are almost indistinguishable from traditional paper. Synthetic paper surpasses normal paper in terms of water resistance (almost no structural damage or deformation when wet) and durability (tear resistance). It is also extremely resistant to chemicals and oils, with great conservation capacity, keeping itself unaltered in time. Currently synthetic paper is under development, and is mostly used for prints that will be subjected to heavy wear, such as outdoor posters, maps or labels. However, it is a very attractive material that can be perfectly adapted as media for artistic activity.

Objectives:

The main objective of this work is to research the possibilities of synthetic paper as a medium for artistic techniques, more specifically for drawing and painting.

Results:

Based on a compilation of information and material samples, a series of tests have been conducted to check the possibilities of the different synthetic papers subjected to different extreme environments to study its stability. They have also been tested with various pictorial techniques to check their compatibility with them.

As a result of these tests, it has been proven that almost all grades of synthetic paper meet the necessary requirements for its use with artistic purposes, surpassing traditional paper in terms of stability and durability.

Conclusions:

Synthetic paper is a material with many possibilities in the artistic field for its great stability to chemical and atmospheric agents and for its versatility in accepting different pictorial techniques. It would be very interesting for the manufacturers to study making a special line for artists.

2. INTRODUCCIÓN

Para todos los que trabajamos dentro del mundo del arte y la cultura, la conservación y preservación del patrimonio artístico es una de nuestras grandes preocupaciones, especialmente dentro del arte contemporáneo, donde se han ido sustituyendo los materiales y procedimientos tradicionales que garantizaban en mayor o menor medida la permanencia de la obra, por otros más modernos y de permanencia desconocida o dudosa.

En el arte contemporáneo parece que la obra ha perdido la misma esencia que tenía en épocas pasadas, con esa aspiración a la inmortalidad y a cierta sacralización. El arte contemporáneo se ha banalizado en cierta manera, y a ello ha contribuido, en parte, el uso de materiales obsoletos y de poca calidad unido a una práctica más directa y despreocupada con respecto a los materiales y técnicas empleadas.

Algunos artistas abrazan estas prácticas y las usan premeditadamente (o no), calificando su obra de arte efímero, obras de arte con clara y pronta fecha de caducidad. Sin embargo también hay artistas, que debido al desconocimiento o a la imposibilidad de pagar buenos materiales, producen arte efímero sin ser conscientes de ello, lo cual acarrea serios problemas tanto para el coleccionista o museo, como para el artista.

Para evitar esto, sería aconsejable que los artistas fueran conscientes de la importancia del conocimiento profundo de los materiales con los que pretenden realizar sus obras. Sin embargo, también sería conveniente que las empresas ofrecieran productos de calidad con suficientes garantías de conservación.

En este trabajo nos centraremos en el papel sintético como alternativa al papel tradicional (entre otros), por lo que a continuación realizaré un pequeño repaso sobre el papel tradicional y las causas de su degradación.

El papel fue descubierto en China hace aproximadamente veinte siglos. Más tarde lo empezaron a elaborar los aztecas y los mayas, pero de forma más basta.





Imagen 1: Imagen de un grabado en madera de la dinastía Ming que describe los cinco pasos principales en el antiguo proceso de fabricación del papel en China, tal como lo describió Cai Lun en el 105 d.C.

El término “*papel*” se debe al papiro, que es la médula extendida de la planta de papiro.¹



Imagen 2: Papel de papiro de El Cairo, Egipto.

Hoy día, el concepto de papel es mucho más amplio y confuso, ya que abarca desde hojas para dibujar o escribir, a muebles, ropa, servilletas, embalaje, etc.

“Realmente, hoy día ya no es problema técnico en sí mejorar nuevamente el papel de libros y documentos, incluso hasta que resistan totalmente a los agentes destructivos en todo el mundo. No obstante, esto requiere necesariamente un costo más elevado, si se pretende eliminar “cualquier peligro en cualquier circunstancia”. El interés práctico se concentra en llegar a fabricar, con un

¹ *Papel: Del cat. paper, este del lat. pap̄yrus ‘papiro’, y este del gr. πάπιρος pápyros.* En: REAL ACADEMIA ESPAÑOLA 2016 [Consultado el 21/03/2016]. Disponible en: <http://www.rae.es/>

mínimo de aumento en su costo, un papel suficientemente protegido para que resistan los documentos, cuyo portador algún día puede ser este papel, a los factores y agentes dañinos en la región o zona de su aplicación y si se guarda en condiciones normales. Al contrario, como papel de residuo deben ser descompuestos por los naturales factores bióticos, si no deseamos llenar el mundo con papel de chatarra indestructible.”²

La descripción de este papel ideal que describe Kraemer podría coincidir con la de papel sintético ecológico, sintetizado a partir de materiales sintéticos (sin necesidad de celulosa, por lo tanto, sin necesidad de talar árboles), resistente a los agentes de deterioro y con gran permanencia, y de fácil e inocuo reciclado.

En general, sería preferible que determinadas obras de arte soportaran el paso del tiempo conservando los valores inherentes a su estética, sin necesidad de recurrir a la restauración continuada. Sin embargo, esto es casi imposible, ya que el tiempo pasa para todos y para todo, y su consecuencia es la degradación.

Tal y como dice Ruth Viñas:

“En la degradación de cualquier obra de arte inciden tres factores:

- 1. La naturaleza de los componentes del soporte y los procesos de manufactura*
- 2. Los elementos sustentados; considerando como tales las sustancias de los procedimientos técnicos y su grado de compatibilidad con el soporte.*
- 3. El medio y modo en que la obra cumpla su destino; este factor aúna el montaje y las circunstancias que concurren con el devenir del tiempo (el ambiente).”³*

A veces ocurre que uno de los elementos que forman parte de la obra de arte se corrompe y acarrea daños irreversibles al resto de la obra debido a un efecto en cadena. En cualquier caso, la lentitud o aceleración del proceso es directamente proporcional a la estabilidad del soporte.

A lo largo de su evolución, el hombre se ha servido de los elementos de la naturaleza dispuestos a su alrededor para transformarlos según sus intereses.

La aparición de la escritura y la necesidad de un soporte dotado de inmediatez en su disponibilidad promovieron la búsqueda de materiales aptos para la escritura y de carácter liviano, tales como tablas de arcilla,

² KRAEMER KOELLER, Gustavo. (1973) *Tratado de la previsión del papel y de la conservación de bibliotecas y archivos Tomo 1*. Madrid. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Secretaría general Técnica. Dirección General de Archivos y Bibliotecas. P. 7

³ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1995) *Estabilidad de los papeles para estampas y dibujos, el papel como soporte de dibujos y grabados, conservación*. Tesis doctoral dirigida por Álvaro Paricio Latasa. Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes, Departamento de Dibujo. P. 28

madera o caña. Más tarde se usaron tejidos, hojas de vegetación, papiro, pergamino, papel, etc.

Sin embargo, el material más usado para la escritura desde su descubrimiento ha sido el papel, pero ¿ha llegado el momento de su ocaso?

Vicente Viñas opina que sí:

“Ahora, su evidente decadencia es fruto de su propio éxito. Y la materia prima que le caracteriza es cada vez distinta y escasa debido a la necesidad de utilizar cualquier tipo de fibra que pueda proporcionar respuesta a la demanda. ¿Ha llegado el momento de su ocaso? Sí, sin duda alguna. Aunque todavía tiene que subsistir el tiempo necesario para que inmediatas generaciones acepten y adapten nuevos medios acordes a sus exigencias.”⁴

Aunque el papel tradicional puede perdurar durante muchos cientos de años si las condiciones son favorables, las materias que lo componen le dotan de una inestabilidad química incompatible con la permanencia. Ante la progresiva deforestación que ha ido sufriendo nuestro planeta en los últimos años, y la nueva conciencia ecológica que se intenta imponer en la sociedad para evitar daños mayores, se ha iniciado una búsqueda de nuevas materias primas sustitutivas de las fibras vegetales y métodos alternativos de fabricación

En el caso del papel, surgieron papeles recuperados mediante la reutilización y el reciclaje de papeles ya usados. También se empezó a sustituir la celulosa por fibras sintéticas a partir de textiles (viscosas, poliamidas o poliésteres) a medida que se avanzaban las investigaciones de laboratorio. Mediante la transformación química de la celulosa se obtuvieron papeles como el sulfurizado o el celofán:

“Los primeros papeles fabricados con fibras sintéticas, solas o mezcladas con fibras celulósicas, aparecieron hacia 1957, precisamente con el fin de mejorar cualidades que requerían algunos papeles especiales empleados en la industria (papeles filtros, papeles aislantes, etc.). Las fibras sintéticas pueden emplearse solas o mezcladas con fibras de celulosa, y en este caso se les puede adicionar todos los productos empleados en la fabricación de los papeles normales (cargas, adhesivos, etc.).”⁵

Las fibras sintéticas han ido incorporándose al mundo del papel poco a poco. Algunos ejemplos son los papeles con alta resistencia para embalaje, los papeles para envolver, bolsas, etc. También se suelen

⁴ VIÑAS TORNER, Vicente. (1992) *Primeras jornadas archivísticas “El papel y las tintas” en la transmisión de la información. 6 El papel sintético: La otra alternativa*. Palos de la Frontera, Huelva: Diputación Provincial de Huelva. P.65.

⁵ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1995) *Estabilidad de los papeles para estampas y dibujos, el papel como soporte de dibujos y grabados, conservación*. Tesis doctoral dirigida por Álvaro Paricio Latasa. Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes, Departamento de Dibujo. P.176

plastificar muchos papeles y cartulinas que necesitan una mayor consistencia o resistencia al uso.



Imagen 3: Papel Kraft para embalaje (alta resistencia)

Dentro del papel como soporte artístico, la inestabilidad de los papeles transparentes como el celofán y el papel vegetal, promovió la aparición de los acetatos, y más recientemente, de los poliésteres como soportes de dibujo, ya que, con las mismas características, tienen mayor resistencia mecánica y estabilidad dimensional.

El papel de poliéster ha constituido una gran innovación en el campo de los papeles sintéticos, y ha abierto la puerta para la creación y la innovación en este campo.

Una de las principales cualidades de estos nuevos papeles es su gran permanencia y durabilidad frente a los agentes físicos, químicos y biológicos que agreden y destruyen el papel celulósico.

Hoy en día los papeles sintéticos pueden ser considerados como garantía de conservación gracias a sus propiedades:

- Resistencia a los ácidos
- Resistencia a los álcalis
- Gran estabilidad dimensional
- Gran capacidad aislante eléctrica
- Resistencia a la pudrición
- Resistencia al calor
- Poca degradación con el tiempo

Sin embargo, el papel de poliéster presenta algunos inconvenientes, principalmente el de tener un reciclado bastante problemático, y su posible y peligrosa degradación, desconocida e inesperada.

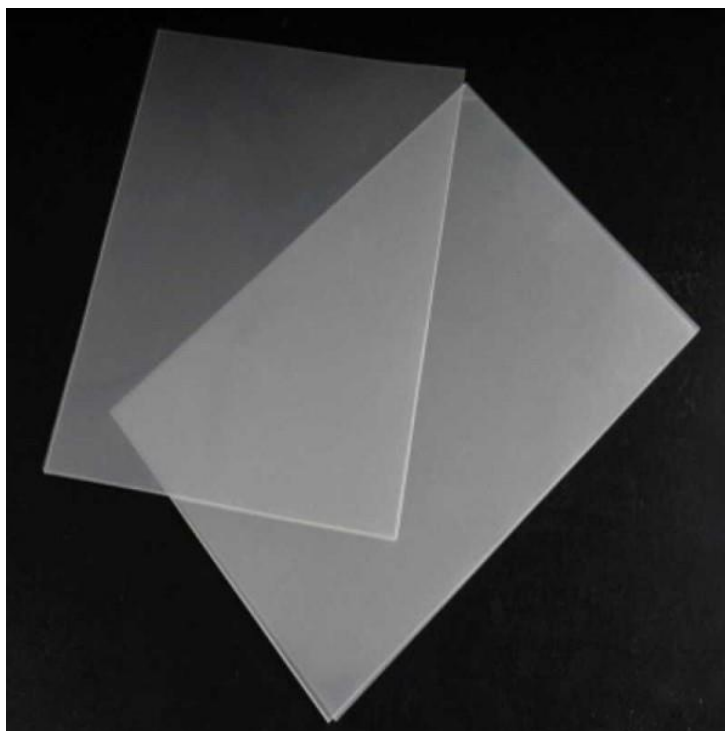


Imagen 4: Papel de poliéster

Según Vicente Viñas, lo más probable es que los llamados “plásticos” se conviertan en el soporte sucesor del papel. Desde que la industrialización de la fabricación de papel permitió aumentar considerablemente la producción, abaratando costes, la demanda de este material fue creciendo exponencialmente, provocando la tala de millones de árboles y la consecuente deforestación del planeta.

“¿Qué sería de nosotros sin el papel, sin los múltiples papeles que, incluso sin ellos, no somos nadie? Pero tanta dependencia ha degenerado en la reducción de su primaria calidad hasta el extremo de que tan rápida decadencia concluye en urgentes reuniones de especialistas que buscan la solución, que en sus más recientes versiones manifiesta claros síntomas de inestabilidad en razón de las deficiencias de sus elementos estructurales y manufacturación”⁶

La pérdida de calidad en el papel industrial se intenta disimular mediante la aplicación de recubrimientos o distintos acabados de dudosa permanencia y conservación, aún en un corto periodo de tiempo.

Ya en la industria textil nos encontramos telas confeccionadas con fibras artificiales y sintéticas como la poliamida, el rayón, el nylon, y desde hace tiempo usamos estas telas para diversos usos, entre ellos prendas de vestir. No es descabellado pensar que la industria papelera

⁶ VIÑAS TORNER, Vicente. (1992) *Primeras jornadas archivísticas “El papel y las tintas” en la transmisión de la información. 6 El papel sintético: La otra alternativa*. Palos de la Frontera, Huelva: Diputación Provincial de Huelva. P. 66.

siga el mismo camino y empiece a sustituir las fibras celulósicas por fibras sintéticas.

“Causa estremecimiento pensar que acabaremos escribiendo sobre hojas de plástico. Lo mismo debió pensar el monje Cristódulo cuando aparecieron sobre su escritorio las primeras hojas del repugnante papel, competidor de su preciado pergamino o vitela que allá por el siglo XI elaboraba en los talleres de su Monasterio de San Juan de Patmos, siguiendo la más pura escuela bizantina.”⁷

Debido a las características de estos plásticos, en constante evolución y desarrollo, nos podemos encontrar con un material estable, con un alto grado de permanencia y difícilmente alterable por el paso del tiempo y sus inclemencias, lo cual le puede convertir en un soporte superior, que nos libraría de los problemas de conservación de las obras sobre papel y la irremediable pérdida de documentos importantes.

“Lo peor de estos plásticos es que pueden adquirir las formas y texturas más inverosímiles y también pueden llegar a ser casi indestructibles. Por eso, desde la perspectiva de la conservación de la documentación gráfica, entendemos que, junto al papel de fibras vegetales más estable que nos garantiza una permanencia de cien años y sus reciclados que pueden alcanzar incluso los cincuenta en razón de los porcentajes de fibra nueva y reutilizada, no podemos desdeñar el papel sintético que tiene y puede adquirir todas las prestaciones exigibles y cuya permanencia y durabilidad está a prueba de cuantos factores físico-químico-biológicos son causa de la mayor inquietud de archiveros y bibliotecarios: la conservación del Patrimonio Documental y Bibliográfico.”⁸

Actualmente, el papel sintético nos lleva acompañando desde hace alrededor de cuarenta años, cuando en la década de los años setenta los recursos de papel empezaron a escasear, y el precio del petróleo era barato.

Previendo la subida de precio del papel a medida que los bosques disminuían, el papel sintético se desarrolló como una posible alternativa.

Sin embargo, a mediados de los años setenta el precio del petróleo subió considerablemente. Por ejemplo, el precio de uno de los primeros papeles sintéticos basados en petróleo, llamado kimdura y comercializado por Oji-Yuka (ahora Yupo), era extremadamente caro. Por esta razón, se dejaron de usar los papeles sintéticos durante todos estos años.

Actualmente la definición de papel sintético es muy amplia, ya que dentro de esta categoría se tienden a incluir muchos tipos diversos de papeles, sin embargo el elemento común para todos los papeles sintéticos es el de no incluir fibras celulósicas en su fabricación.

⁷ Ibíd. P.67

⁸ Loc. Cit.

“John Giblin, marketing director for Granwell Products’ Polyolith Synthetic Papers, defines the category as a substance with no Wood pulp that has the look, feel and processing capabilities of fine printing paper, yet is far stronger and more durable than conventional paper. Synthetic paper is actually a film that is produced and/or treated with some value-added process to improve its printability. The standard catch line is durability of plastic, prints like paper.”⁹

Este tipo de procesos varían según lo que se quiera conseguir, y pueden incluir sustratos producidos con minerales y otros aditivos, films laminados, coberturas o tratamiento químico. Cualquier proceso que mejore la impresión sobre un sustrato opaco podría clasificarse como papel sintético.

“Steve Nimz is president of Protect-All Media, a company that focuses almost entirely on synthetic paper substrates. The company combines different synthetic papers and coats, laminates, slits, or sheets the product to meet the needs of its customers. Nimz provides a general differentiation between films and synthetic papers- if it’s clear, it’s film; if it is white, it could be called film or synthetic paper, with the more opaque it is, the more likely to be classified as synthetic paper.”¹⁰

Actualmente la mayoría de los papeles sintéticos que podemos encontrar en el mercado están fabricados de polipropileno orientado, polietileno de alta densidad, o poliestireno orientado. Gracias a estos materiales, el papel sintético tiene la fuerza y resistencia del sustrato plástico, junto con la superficie sobre la que se puede imprimir fácilmente, característica del papel convencional.

Para papeles sintéticos de colocación en exterior, existe una cobertura que les protege de los rayos ultravioleta.

“Most synthetic papers offer a six month UV outdoor life. What this means for the converter is the availability of a competitive substrate that can outperform paper products that have a coating for UV protection.”¹¹

⁹ POLISCHUCK, Tom (2003) *Synthetic papers: Plenty to go around*. Vol. 50. Philadelphia: North American Publishing Company.

Traducción: *John Giblin, director de marketing de Productos Granwell Papeles sintéticos Polyolith, define la categoría como una sustancia sin pulpa de madera que tiene la apariencia, tacto y capacidad de procesamiento del papel de impresión fina, pero es mucho más fuerte y más duradero que el papel convencional. El papel sintético es en realidad una película que se produce y/o trata con algún proceso de valor añadido para mejorar su capacidad de impresión. El catch line estándar es “dura como el plástico, imprime como el papel”.*

¹⁰ Loc. Cit.

Traducción: *Steve Nimz es el presidente de Protect-All Media, una empresa que se centra casi exclusivamente en sustratos de papel sintético. La compañía combina diferentes papeles sintéticos y capas, laminados, hendiduras u hojas del producto para satisfacer las necesidades de sus clientes. Nimz ofrece una diferenciación general entre películas y papeles sintéticos: si es claro, es una película; Si es blanco, podría ser llamado película o papel sintético, cuanto más opaco es, más probable que sea clasificado como papel sintético.*

¹¹ Loc. Cit.

La principal ventaja de los papeles sintéticos es su durabilidad. Gracias a los atributos mejorados de estos papeles, especialmente en términos físicos y químicos, son más resistentes contra desgarros, humedad, manchas, etc.

“Gibbins explains the importance of some of these improved attributes: higher tensile strength supports higher processing speeds; high tear strength provides greater protection from tampering; and moisture, grease and chemical resistance provides better end-use performance.”¹²

Sin embargo estas ventajas incrementan el precio del producto, y por ello el papel sintético puede llegar a costar el doble que el papel tradicional, aunque el precio baja con los años y a medida que la tecnología avanza, por lo que es probable que el papel sintético acabe sustituyendo al papel tradicional como una alternativa ecológica y más resistente.

El papel sintético con el que más se trabaja actualmente es el compuesto de polipropileno. Este nuevo papel conlleva unas grandes mejoras con respecto a su antecesor. El papel sintético de polipropileno (PP) posee características parecidas a las de la película de plástico, pero a la vista es casi indistinguible de papel normal. El papel sintético supera al papel normal en términos de resistencia a la humedad (casi ningún deterioro estructural o deformación cuando está mojado) y durabilidad (resistencia al desgarro). Además, es extremadamente resistente a los productos químicos y aceites, y tiene un acabado de la superficie muy suave. Este papel es además reciclable, ya que el polipropileno está entre uno de los materiales con mayor capacidad de reciclado. Además, una vez fundido y moldeado, este material se puede reutilizar en productos tales como macetas de plástico y clavijas.

Actualmente este tipo de papel sintético se usa para carteles, mapas, menús impresos, embalaje, pegatinas, etiquetas, folletos, papeletas etc. Sin embargo, aún no se ha introducido totalmente en el ámbito artístico, a pesar de sus atractivas características.

Traducción: *La mayoría de los papeles sintéticos ofrecen una vida al aire libre (con exposición a UV) de seis meses. Lo que esto significa para el convertidor es la disponibilidad de un sustrato competitivo que puede superar a los productos de papel que tienen un revestimiento con protección UV.*

¹² Loc. Cit.

Traducción: *Gibbins explica la importancia de algunos de estos atributos mejorados: una mayor resistencia a la tracción es compatible con velocidades de procesamiento más altas, una alta resistencia al desgarro proporciona una mayor protección contra la manipulación indebida; y la humedad, la grasa y la resistencia química proporciona un mejor rendimiento en el uso final.*



Imágenes 5, 6, 7 y 8: Productos realizados con papel sintético.

Teniendo en cuenta todas las características del papel sintético de nueva generación y los diversos usos que se le están dando, me interesó como soporte para la práctica artística y a partir de esta motivación empecé a realizar diversos estudios sobre este material.

2.1 OBJETIVOS

La motivación principal a la hora de plantear este trabajo de investigación ha sido la experimentación con nuevos materiales y técnicas pictóricas. El dibujo sobre papel es una disciplina a la que he dado gran protagonismo en mi carrera artística, y una de mis principales preocupaciones era la fragilidad del papel en sí.

No es fácil encontrar un papel que aguante tanto técnicas agresivas como delicadas, que sea fácilmente manipulable sin que se arrugue o combe y que también sea ecológico.

Debido a la vida acelerada que mucha gente lleva actualmente, la idea de un soporte versátil, cómodo de transportar y fácil de preparar para poder empezar a trabajar sobre él de forma instantánea, pero a la vez durable y con garantías de conservación adecuadas, resulta tremendamente atractiva.

En mi larga búsqueda del papel más apto, resistente y versátil para las técnicas que usaba en cada momento, solicité unas muestras de papel sintético que me parecieron muy interesantes, no sólo por su promesa de permanencia y resistencia, sino por su gran versatilidad.

Los objetivos más importantes planteados en este trabajo son la recopilación, profundización, análisis y sometimiento a diversos ensayos de las muestras obtenidas de papeles sintéticos para posteriormente valorar sus posibilidades reales de aplicación con fines artísticos, y poder sugerir procedimientos y técnicas adecuadas para su uso con diferentes técnicas pictóricas y de dibujo.

2.2 METODOLOGÍA

La metodología seguida en este trabajo para cumplir con los objetivos marcados ha consistido en la búsqueda de información sobre papel sintético, la obtención de muestras para su análisis y selección de papeles más adecuados, y la realización de obra artística sobre ellos para mostrar los resultados de la investigación.

Uno de los problemas que podemos encontrar al investigar este tema es la falta de información y bibliografía, ya que el papel sintético es un material en desarrollo y su uso no está extendido.

La corporación YUPO® se interesó por este proyecto, y muy amablemente me enviaron muestras de todos sus productos desde su sede en Dusseldorf.

La Corporación Yupo fue fundada en mayo de 1969 con el objetivo de comercializar papel sintético de fabricación petroquímica. Es una empresa financiada conjuntamente y a partes iguales por Oji Paper Company, Ltd. (ahora Oji Holdings Corporation) y Mitsubishi Petrochemical Co., Ltd. (ahora Mitsubishi Chemical Corporation). Su primera máquina comenzó a funcionar en 1971 en la planta de Kashima (Ciudad de Kamisu, Prefectura de Ibaraki, Japón), seguida de una segunda y una tercera en 1986 y 1990 respectivamente, estableciendo una red de alimentación capaz de suministrar un flujo constante de productos a los mercados nacionales e internacionales. Con la planta americana en Chesapeake, Virginia, en septiembre de 1998, pusieron en marcha la producción a gran escala, mientras siguen trabajando en la construcción y el mantenimiento de una estructura de suministro estable a nivel global.

Tras el inicio de las ventas europeas directas de la marca YUPO en octubre del año 2000, Oji-Yuka Synthetic Paper Co. Ltd. Cambió nombre por Corporación Yupo el 1 de enero del año 2001.¹³

Ya que de momento no he podido obtener muestras de papeles sintéticos de otras empresas para poder hacer una comparación, en este trabajo nos centramos en el papel sintético fabricado exclusivamente por la Corporación Yupo.

¹³ Con una cuota de mercado grande, la Corporación Yupo es actualmente el primer fabricante de productos de papel sintético en todo el mundo.

3. EL PAPEL

El papel es un compuesto de fibras de origen vegetal que forman una superficie plana, a la que se le pueden añadir otros materiales según el uso que se le quiera dar, tales como colas, colorantes, blanqueantes, cargas y otros aditivos que le proporcionan distintas características.

“La definición del papel según terminología papelera es una “hoja constituida esencialmente por fibras celulósicas de origen natural, afieltradas y entrelazadas” (UNE 57.003-78), e indica claramente que su principal materia prima o elemento constituyente son las fibras vegetales.”¹⁴

El concepto real de papel lo determina la constitución de las fibras vegetales en cuestión, que le dará sus principales características: higroscopicidad, color, permanencia, etc. Asimismo, estas características o propiedades pueden ser modificadas mediante aditivos, los cuales definirán el producto final. Un ejemplo es la adición de cola o adhesivo, el cual impide la absorción, o cargas que aumentan la opacidad. Por lo tanto, la constitución del papel está definida por el componente principal, las fibras que se convertirán en pasta, y el o los componentes secundarios o aditivos, que son los que terminarán de configurar sus propiedades.

La procedencia de las fibras es la diferencia más importante dentro de la composición fibrosa del papel, y es la que implica una mayor o menor presencia de lignina.¹⁵

Dependiendo de las fibras empleadas en la fabricación del papel, podemos distinguir entre papeles de fibras lignificadas (leñosas) y no lignificadas (no leñosas), y de cómo sea el proceso de obtención de la pasta papelera podremos obtener papeles de pasta mecánica, química o semi-química.

3.1 Deterioro del papel

Para poder estudiar la permanencia y estabilidad del papel tradicional es necesario conocer sus posibles causas de deterioro, al igual que los efectos provocados por los distintos factores de degradación.

Para empezar, hay que tener en cuenta que toda sustancia orgánica e inorgánica está sometida a un constante proceso de transformación que concluye, antes o después con su extinción material. Este final

¹⁴ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) *Estabilidad del papel en las obras de arte*. Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. p. 6.

¹⁵ La lignina se encuentra en las plantas de tallo leñoso y actúa como ligante de las fibras de la madera; es muy inestable y propicia el amarilleamiento y la acidez, acortando la vida de los papeles. Las llamadas fibras liberianas –fibras de plantas de tallo no leñoso, como el lino-, y las fibras textiles –de telas de algodón, lino..., tienen un alto contenido en celulosa y apenas poseen lignina, al contrario que las fibras de tallo leñoso o fibras lignificadas (madera).

irrevocable puede acelerarse o frenarse mediante la acción de determinados condicionamientos.

La degradación de obras de arte suele ser causada por ataques múltiples. Distinguiamos estas causas en agentes físico-químicos (humedad, temperatura, luz, polución atmosférica y sustancias nocivas internas), agentes biológicos (microorganismos, insectos y roedores), catástrofes naturales e intervenciones del hombre.

Estas causas pueden actuar juntas, generando el mismo resultado en el material afectado, o bien una misma causa puede dar lugar a diferentes efectos dependiendo de la composición del material. Las combinaciones entre causas y efectos son amplias, dando varios resultados distintos.

En concreto, cuando nos referimos a obras de arte con soporte en papel, se produce un envejecimiento natural con una velocidad de reacción lenta, que varía según la calidad del papel y de las tintas, pigmentos, colas, etc. que pueda estar soportando. Por ejemplo, un papel puede amarillear tanto por el efecto de la acidez o por exposiciones a fuentes lumínicas o caloríficas. A su vez, una fuente lumínica puede ser la causa de la decoloración o el amarilleamiento de un papel dependiendo de la composición del mismo.

Las moléculas de cadena larga en celulosa y otros materiales orgánicos se descomponen como resultado de la hidrólisis y la oxidación. Los papeles que una vez fueron flexibles se volverán frágiles hasta que se desmoronen en pedazos.

El deterioro de los materiales varía dependiendo de la estabilidad química de los productos usados y su interacción con el entorno en el que se encuentra la obra:

“Some papers, such as those made of mechanical wood pulp, sized with rosin sizing or containing bleach residues, are unstable and in a normal environment will only last for a few decades before becoming yellow and brittle. (Iron gall ink is notorious for corroding paper and a tendency to fade when displayed over years, while some modern felt pens or ballpoints can fade within a few weeks.)”¹⁶

En comparación, los procesos naturales de envejecimiento progresan a un ritmo relativamente lento en papeles de trapo y lino con cola animal o en papeles japoneses hechos de papel de morera usando los procesos tradicionales. Excepcionalmente, el pigmento negro de carbón no se verá afectado por ácidos, álcalis, aire o luz.

¹⁶ KOSEK, Joanna M. (2004) *Conservation mounting for prints and drawings. A manual based on current practice at the British Museum*. Archetype Publications in association with The British Museum. P. 14.

Traducción: *Algunos papeles, como los hechos de pulpa de madera mecánica, encolados con apresto de colofonia o que contengan residuos de blanqueo, son inestables y en un entorno normal sólo tendrán una duración de unas pocas décadas antes de volverse amarillos y quebradizos. (La tinta ferrogálica es conocida por corroer el papel y por su tendencia a desaparecer cuando está expuesta durante años, mientras que la tinta de algunos rotuladores o bolígrafos modernos puede llegar a desaparecer en unas pocas semanas.)*

El deterioro de los objetos tiene lugar de forma crónica debido a la presencia de oxígeno y agua en el aire, y la tasa de esto, como la de otras manifestaciones de deterioro, está condicionada por la temperatura. Las reacciones químicas han demostrado más o menos duplicar su tasa con cada aumento de temperatura de unos 10°C. El incremento de temperatura y humedad también crea un ambiente favorable para el desarrollo de hongos y la actividad de insectos:

“Deterioration of paper objects can be accelerated by storage or display in inappropriate levels of relative humidity (RH) and temperature, or by the presence of air pollutants such as acidic and oxidizing gases (eg sulphur dioxide and nitrogen oxides) and dust, which additionally might have adsorbed gaseous pollutants. Visible and ultraviolet (UV) light from daylight and electric light sources will also cause paper objects to deteriorate depending on its intensity, spectral distribution and the duration of exposure. Repeated exposure to a less-intense light source over a long period can be equally damaging, since deterioration due to light is cumulative.”¹⁷

El cambio en los objetos puede ser particularmente rápido cuando dos o más factores degradantes coinciden. Por ejemplo, el exceso de humedad relativa acelerará el ataque ácido en materiales celulósicos en presencia de gases contaminantes como el sulfuro o el dióxido de nitrógeno. La exposición a una fuente de luz intensa, en particular a longitudes de onda cortas contenidas en la luz natural directa, puede acelerar el proceso de oxidación de forma dramática. Además, la presencia de ciertos iones metálicos en el papel, principalmente originarios de contaminantes del proceso de fabricación, tendrá un efecto catalizador en los procesos de degradación.

A continuación un esquema de estas causas de alteración basado en el esquema de Gustavo Kraemer Koeller en su libro “Tratado de la previsión del papel y de la conservación de bibliotecas y archivos Tomo 1”:

¹⁷ Loc. Cit.

Traducción: El deterioro de objetos de papel puede ser acelerado por el almacenamiento o la exhibición a niveles inadecuados de humedad relativa (HR) y temperatura, o por la presencia de contaminantes del aire como gases ácidos y oxidantes (por ejemplo, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno) y polvo, que, además, podrían haber absorbido gases contaminantes. La luz visible y ultravioleta (UV) procedente de fuentes de luz naturales y eléctricas también causará que los objetos de papel se deterioren en función de su intensidad, la distribución espectral y la duración de la exposición. La exposición repetida a una fuente de luz menos intensa durante un largo período puede ser igualmente perjudicial, ya que el deterioro debido a la luz es acumulativo.

CAUSAS	ORIGEN	EFFECTOS
INTERNAS		
Naturaleza del material.	Materias en desequilibrio o fabricaciones realizadas de forma defectuosa o errónea.	El papel se quiebra.
Incompatibilidad de los componentes.	Blanqueo realizado de forma defectuosa y cargas o rellenos erróneos.	Rotura, destrucción o mala calidad resultante.
Inestabilidad de los componentes.	Uso de materiales deficientes.	Roturas de toda clase, deformación del material, etc.
	En pergaminos, un curtido inadecuado y/o uso de pieles de baja calidad.	Roturas, manchas y aparición de "cáncer de pergaminos"
EXTERNAS BIÓTICAS		
Microorganismos.	Infección por esporas en la fabricación, etc.	Se producen daños en el momento en el que las condiciones climáticas favorecen al organismo presente.
	Infección en el archivo.	Se producen daños si la situación climática ha permitido la infección. El volumen del daño depende del grado de la deficiencia del microclima para el alojamiento de un archivo. Los daños son en ambos casos pudriciones parciales o totales. (Daños por bacterias pueden parecer a un quebrantamiento abiótico.).
Insectos bibliófagos que viven en el papel.	Infección en el archivo.	Destrucción del material.
Insectos bibliófagos externos.	Infección de termitas principalmente.	Destrucción del material.
Vertebrados.	Roedores y la acción humana.	Roedores: Destrucción de papel como material. Hombre: Destrucción intencionada o negligencia, uso indebido e ignorancia, abandono, conservación o restauración inadecuada.
EXTERNAS ABIÓTICAS		

Físico-químicas.	Contaminación del ambiente.	Quebrantamiento.
	Causas químicas accidentales.	Quemaduras químicas.
	Tintas corrosivas.	Corte del papel.
	Clima (humedad y temperatura).	Envejecimiento acelerado, favorecimiento en cierto grado al daño biológico.
	Ídem (luz).	Quebrantamiento.
	Causas físicas (ciertos rayos, vibraciones, etc.).	Daños atípicos de quebrantamiento.
Accidentales y catastróficas.	Catástrofes como fuego, inundaciones, terremotos, guerras, etc.	Pérdida o destrucción.
	Descuidos en el uso y, principalmente, en los traslados.	Alteración progresiva, pérdidas parciales.

Tabla 1: Esquema de causas de alteración del papel.

3.1.1 Causas internas de alteración

Denominamos causas internas de alteración del papel a las que se encuentran en la propia naturaleza de los elementos que lo constituyen. Estos elementos intrínsecos de alteración son las fibras del papel y sus aditivos.

El papel está compuesto principalmente por fibras, y las fibras por celulosa. Este elemento conforma el soporte del papel, por lo que su deterioro puede originar la alteración de su estructura. Pese a que la celulosa es altamente estable, no hay que olvidar que es materia orgánica, y por lo tanto es susceptible de degradarse.

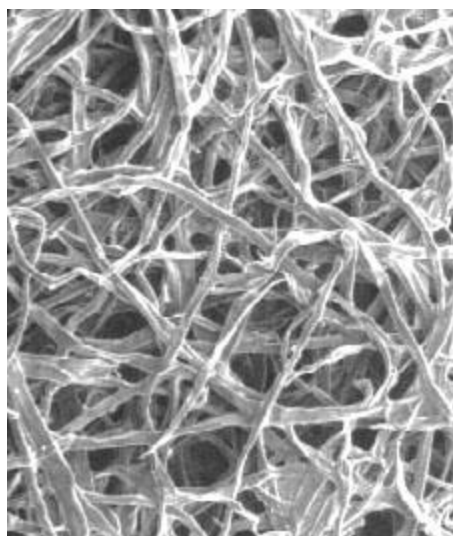


Imagen 9: Fibras de celulosa en el papel.

Para que la celulosa se degrade es necesaria la acción de agentes externos tales como luz, temperatura o agentes químicos y biológicos, los cuales al alterar la estructura de la celulosa, provocan varios fenómenos como la hidrólisis o la oxidación, causando el debilitamiento y amarilleamiento del papel.

La celulosa compone la estructura principal de las paredes celulares de las plantas, formadas por fibras que se dividen en microfibrillas:

“La cohesión entre las moléculas de celulosa, se debe al gran contenido de grupos hidroxilo que dan lugar a la formación de enlaces por puentes de hidrógeno: intramoleculares, entre unidades glucosídicas de la cadena y/o intermoleculares entre diferentes cadenas. Estos enlaces son los responsables de la estructura fibrosa de la celulosa, y de ellos depende el que se den diferentes estructuras.”¹⁸

¹⁸ RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipuzkoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. P. 125.

Cuando las cadenas se rompen, bien sea por causa de agentes internos o externos, se produce la degradación de la celulosa. El envejecimiento natural del papel se debe a la acción progresiva de los agentes de deterioro físico-químicos. Los daños más graves del papel son los que provienen de la alteración química de la celulosa, debidos principalmente a la hidrólisis (reacciones ácido-base) y a la oxidación (reacciones de oxidación-reducción).

La RAE define hidrólisis como el “*desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, ya sea por exceso de agua, ya por la presencia de una corta cantidad de fermento o de ácido*”. Por lo tanto, la degradación del papel causada por la descomposición de la molécula de celulosa, es causada por las reacciones ácidas, la humedad y los fermentos de algunos microorganismos.

3.1.1.1 Hidrólisis ácida

La celulosa se descompone por hidrólisis en presencia de agua y acidez. Esto ocurre bien por la propia constitución química del papel, que contiene ácidos, o por las sustancias que soporte.

Si el papel tiene tintas ferrogálicas (con sulfato de hierro) o cuprogálicas (con sulfato de cobre), puede hidrolizarse en un ambiente húmedo, produciendo el ácido que ataca el papel soporte.

*“(…), el hierro, así como el cobre, permiten una degradación catalítica oxidante de la celulosa que se añade a esta acción de la acidez. Dicha acción está limitada a los rasgos de escritura y se manifiesta primero por un oscurecimiento del reverso de la hoja en una zona del texto. En casos extremos, el soporte queda totalmente destruido y el texto es ilegible. La hoja se transforma en una “puntilla””.*¹⁹

Un pH ácido corresponde a un valor de 7 o inferior (las medidas de pH van de 0 a 14. El 7 corresponde a neutro, los valores superiores a 7 indican alcalinidad, mientras que los inferiores a 7, acidez). La acidez se caracteriza por la presencia de iones hidrógeno (se trata de átomos de hidrógeno privados de su electrón).

El ácido penetra el papel y rompe la estructura del mismo, pudiendo llegar a descomponerse al tocarlo si el ataque es agresivo.

3.1.1.2 Oxidación

La celulosa es igualmente sensible a la acción de sustancias oxidantes como el aire o productos residuales del blanqueo a base de cloro. La oxidación puede originar la apertura y rotura de una molécula de glucosa por hidrólisis.

¹⁹ Loc. Cit.

La oxidación es la transformación de un cuerpo por la acción del oxígeno o de un oxidante (RAE). Al oxidarse la celulosa, se rompen las cadenas de glucosa mediante hidrólisis, por lo que se transforma en oxixelulosa (que es una molécula degradada y de peor calidad). Las causas de la oxidación de la celulosa son el oxígeno y los contaminantes presentes en el ambiente, y algunos elementos que se pueden encontrar dentro del mismo papel (residuos, partículas metálicas...) Las partículas metálicas son especialmente peligrosas, ya que son catalizadores²⁰, por lo que pueden provocar el aumento de reacciones químicas que resulten en más fenómenos tanto de hidrólisis como de oxidación.

“Los pigmentos verdes, por ejemplo, utilizados para las iluminaciones de manuscritos contienen cobre y son muy inestables. En atmósfera húmeda migran al interior de las fibras de celulosa. Por oxidación los pigmentos verdes se vuelven oscuros y la fibra se degrada. Los fragmentos del soporte pueden desprenderse.”²¹

Los productos de degradación de la celulosa, la hemicelulosa y la lignina causados por la oxidación pueden contribuir a la mayor degradación del papel por su acidez.

La hidrólisis y la oxidación se relacionan con la acidez, uno de los mayores peligros para el papel, capaz de destruir las cadenas moleculares que componen las fibras hasta la destrucción y posterior desintegración del soporte.

La celulosa, al ser un hidrato de carbono, también tiene propensión a ser atacada por agentes bibliófagos (microorganismos e insectos), que se alimentan de ella.

Sin embargo, y a pesar de todo lo dicho anteriormente, la celulosa en sí misma es bastante estable, y se deteriora mediante agentes externos. El deterioro intrínseco del papel suele provenir de determinados componentes que se degradan por sí mismos y que suelen propiciar la alteración de los elementos a su alrededor.

La lignina es el elemento considerado más dañino para la conservación, dentro de las fibras vegetales. Podemos encontrar lignina en gran cantidad en la madera.

“La degradación de la lignina genera ácidos responsables de la hidrólisis de la celulosa. La lignina, material fácilmente oxidable, también produce peróxidos que en presencia de catalizadores dan lugar a radicales libres que rompen los enlaces carbono-carbono”²²

La lignina contribuye a la acidificación y oxidación del papel, que se manifiesta en forma de amarilleamiento. Es especialmente sensible a

²⁰ Catálisis es la transformación química motivada por cuerpos que al finalizar la reacción aparecen inalterados (RAE).

²¹ *Ibíd.* P. 127.

²² WILLIAMS, J. (1979) *Paper permanence: A Step in Addition to Alkalization*. Restaurator, núm. 3. P. 82, 86.

las radiaciones lumínicas, y se suele encontrar en los papeles de pasta mecánica de madera.

“El papel producido a partir del año 1845 es particularmente ácido porque está encolado con colofonia pero también porque contiene pasta de madera. Los papeles son poco resistentes dada la poca cantidad de celulosa pura al contener elementos no celulósicos como la lignina. Tienen una duración de vida muy breve: 15-20 años para el papel de periódico protegido de la luz solamente, y algunas semanas si se expone al aire y la luz.”²³

Este tipo de papeles son especialmente nefastos en términos de conservación, a no ser que se elimine la lignina durante su manufactura.

3.1.1.3 Alteración fotoquímica

El papel es capaz de absorber radiaciones visibles y ultravioletas, y algunos de sus componentes son capaces de absorberlas. La longitud de los rayos ultravioleta es inferior a 400nm. Son unos rayos muy energéticos de acción fotoquímica destructiva sobre los materiales. Las radiaciones infrarrojas son térmicas, con una longitud de onda de 700nm.

Cuando un material absorbe esta energía, puede llegar a excitarse de tal manera que rompa sus uniones interatómicas formando radicales. La molécula resultante puede bien combinarse consigo misma o provocar reacciones con moléculas vecinas. Los productos de degradación resultantes suelen ser muy complejos.

Estas reacciones fotoquímicas terminarán decolorando y degradando el papel. Es incluso posible que el calor y la humedad provoquen la oxidación o hidrolización de algunos fragmentos, haciendo que el papel se vuelva extremadamente frágil y de color amarillento.

“Algunos investigadores han establecido que la luz, que afecta el papel, y está compuesta de longitudes de onda comprendidas entre 330 y 440 nm., también incide o puede ser absorbida por los otros constituyentes e impurezas del papel, que son mejores absorbentes. Por tanto, estas impurezas pueden constituir una protección de la celulosa frente a la luz.”²⁴

Las radiaciones infrarrojas son las responsables de las reacciones de oxidación y termodegradación en los materiales, con riesgo de deshidratación de la estructura.

²³ RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipuzkoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. P. 129.

²⁴ *Ibíd.* P. 128.

3.1.1.4 Los adhesivos

El papel encolado resulta más permanente ya que es más resistente a los efectos de la humedad. Sin embargo, los problemas de conservación surgen dependiendo de la naturaleza y la calidad de sus adhesivos.

Por lo general, los adhesivos naturales como colas, engrudos y almidones no suelen ocasionar graves problemas más allá de su sensibilidad a la humedad y a los ataques de insectos y microorganismos.

“Algunos tipos de colas caseínicas y derivadas de almidones pueden producir reacciones ácidas, pero este problema no tiene incidencia en la actualidad. Los verdaderos problemas los plantea el encolado con alumbre colofonia, considerado por muchos autores como “el principal agente del proceso de acidificación del papel”.²⁵

El uso de la colofonia tiene dos ventajas: el papel aumenta su resistencia, y se facilita el uso de tintas fluidas sobre su superficie. Sin embargo, la colofonia tiene tendencia a oxidarse y causar acidez, lo que acaba provocando amarilleamiento del papel y pérdida de resistencia.



Imagen 10: Resina de Colofonia.

²⁵ CUNHA, G. M. (1988) *Métodos de evaluación para determinar las necesidades de conservación en bibliotecas y archivos: Un estudio del RAMP con recomendaciones prácticas*, París, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT. P. 4.

Estos problemas empeoran notablemente cuando se combina con alumbre. El alumbre es un sulfato de aluminio y de potasio que se usa para precipitar la colofonia desde el siglo XIX para favorecer su adherencia a las fibras del papel. La ventaja del alumbre es que es su gran acción fungicida, que combinada con la colofonia, impiden el crecimiento de hongos y bacterias. Sin embargo, el alumbre en contacto con el agua puede reaccionar y formar ácido sulfúrico, provocando el deterioro de la celulosa mediante hidrólisis:

“La reacción entre el sulfato de aluminio y el resinato de sosa provoca principalmente una precipitación de monorresinato de aluminio. El alumbre que no ha reaccionado y el monorresinato pueden hidrolizarse y dar protones. Se han medido valores de pH de 4.2 a 5 sobre papeles encolados con colofonia y alumbre y sobre papeles encolados con gelatina valores de pH de 5.5 a 6.5.”²⁶

El poder destructivo de las reacciones ácidas que se forman cuando el alumbre se diluye en agua es capaces de destruir la reserva alcalina del papel y empezar a atacar las fibras antes de que se haya terminado de fabricar la hoja de papel.

Asimismo el alumbre es capaz de transformar los contaminantes atmosféricos en ácidos fuertes, lo que provoca la formación de cloruro de aluminio, que acaba transformándose en ácido clorhídrico en presencia de humedad y calor.

Actualmente se usan colas sintéticas, las cuales suelen tener buen comportamiento. Entre ellas podemos encontrar colas de urea-formol, melanina-formol y poliamidas, las cuales hacen al papel resistente a la humedad. Las resinas sintéticas neutras tienen una gran estabilidad, así como los ligantes artificiales derivados de la celulosa como por ejemplo la carboximetilcelulosa o la metilcelulosa.

3.1.1.5 Los blanqueantes

Los blanqueadores suelen decolorar las pastas mediante procesos químicos de oxidación, por lo que las fibras se oxidan, potenciando el amarilleamiento y futura desintegración de papel. También pueden ocasionar acidificación los reactivos residuales del blanqueo. Sin embargo, es posible neutralizar estos efectos nocivos, por lo que la calidad y cuidado de los procedimientos es de mayor importancia:

“En términos generales, las pastas blanqueadas con bióxido de cloro resultan más permanentes que las blanqueadas con hipoclorito.”²⁷

²⁶ RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipuzkoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. P. 129.

²⁷ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) *Estabilidad del papel en las obras de arte*. Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P. 47.

El blanqueo más perjudicial es el realizado con derivados del cloro, ya que al ser un proceso muy oxidante suele generar residuos difíciles de eliminar, los cuales con el tiempo acaban deteriorando la celulosa al generar ácido clorhídrico.

Sin embargo, de forma controlada, un ligero blanqueo de la pasta de papel ayuda a eliminar lignina en la pasta de papel, dando un mejor resultado en términos de conservación.

3.1.1.6 El agua

El agua es un elemento imprescindible dentro del proceso de fabricación del papel, y no suele considerarse nociva, sin embargo, hay que cuidar su pureza para que no haya elementos en su composición que puedan dañar posteriormente el papel:

“(...) para que el papel sea un producto de buena calidad, el agua ha de ser muy limpia (preferentemente de manantiales), no tener materias en suspensión ni sedimentos (impurezas metálicas), carecer de hierro, manganeso o materias orgánicas y debe tener la menor dureza posible.”²⁸

Es recomendable filtrar el agua y someterla a controles de calidad para tener controlada su composición y evitar que ésta afecte negativamente al papel.

²⁸ KEIM, K. (1966) *El papel*. Madrid. Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española/Instituto Papelero Español. P. 53.

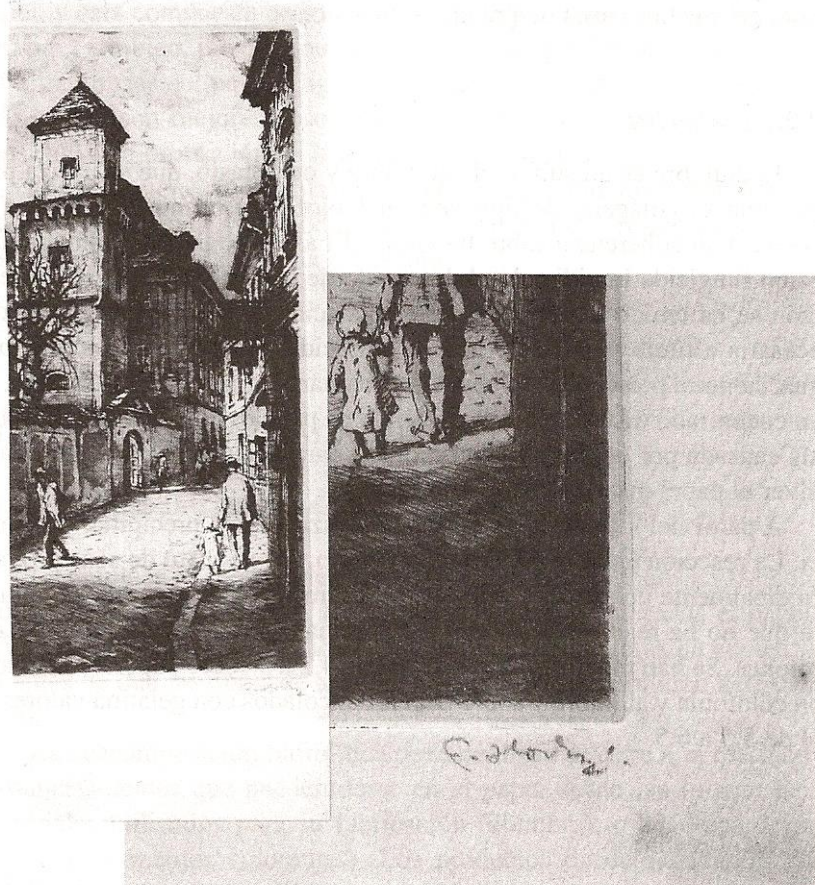


Imagen 11: Detalle de degradación por incrustación de partículas metálicas.

3.1.1.7 Otros aditivos

Las cargas que se añaden a los papeles no suelen presentar problemas de degradación, de hecho, muchas de ellas, como por ejemplo las alcalinas, ayudan a prolongar la vida del papel al contrarrestar los problemas de la acidez. El carbonato cálcico se emplea hoy en día como carga en los papeles permanentes para neutralizar los ácidos generados por el papel durante su degradación:

“Estos componentes del papel capaces de neutralizar los ácidos procedentes del envejecimiento natural y de la polución atmosférica reciben el nombre de ‘reserva alcalina’.”²⁹

Otros ejemplos de aditivos que se le suelen añadir a los papeles para mejorar sus cualidades son los fungicidas, insecticidas, absorbentes de radiaciones ultravioletas (como el sulfuro de cinc), etc. Hay muchos tipos de cargas diferentes que pueden presentarse en la composición del papel.

²⁹ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) *Estabilidad del papel en las obras de arte*. Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P. 48.

A veces puede ocurrir que durante la fabricación del papel, queden entre las fibras pequeñas partículas metálicas debido al desgaste de la maquinaria o del empleo de aguas ferruginosas. Estas partículas suelen ser de hierro, cobre, cobalto, etc. y en presencia de humedad, se oxidan. Esto ocasiona manchas de diámetro pequeño con la particularidad de presentar un pequeño núcleo en su centro. Estas partículas también pueden fomentar la acidificación del papel.

Los blanqueantes ópticos suelen originar problemas debido a su poca estabilidad ante la luz, alterando la celulosa por termodegradación o por fotosensibilización.

Algunos aditivos pueden ser cancerígenos y hay que controlar su uso en papeles para uso alimentario.

En cuanto a los colorantes, los básicos no suelen ocasionar problemas e incluso algunos pueden proteger la celulosa. Sin embargo, los de tipo ácido son perjudiciales debido a que precisan de un mordiente que los una a la celulosa, como el alumbre.

3.1.1.8 Las tintas

Las tintas que se usan con el papel son una de las principales causas de su degradación, en especial si nos referimos a las tintas ferrogálicas.

“(...) sobre todo las ferrogálicas, compuestas por sales de hierro y un ácido, que reaccionan con el anhídrido carbónico de la atmósfera formando ácido sulfúrico y llegando incluso a perforar el papel.”³⁰

Hay que tener especial cuidado con las tintas negras, ya que son las que más degradación producen, pudiendo incluso llegar a carbonizar la superficie que soporta la tinta. La acidez irá migrando a través de todas las hojas hasta horadarlas por completo.

³⁰ RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipuzkoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. P. 131.



Imagen 12: Corrosión por tinta ferrogálica

3.1.2 Causas externas de alteración

El papel se compone de materia orgánica, y como tal, es sensible a la alteración. Sin embargo, si se le mantuviera totalmente aislado de los agentes y causas del deterioro, sería posible su conservación por tiempo ilimitado.

Un ejemplo de conservación de un documento a las causas externas de alteración es la Declaración de Independencia de los Estados Unidos, firmada en 1776. No fuera hasta 1903 cuando se sugirió que fuera retirada de la luz y la humedad para garantizar su mejor conservación. En 1951 el documento fue sellado en una cámara hermética de cristal con filtros para reducir la exposición a la luz y rellena de gas helio humedecido para prevenir la erosión. En 2003, el documento se trasladó a una cámara de titanio con gas inerte argón.³¹

³¹ Más información en: NATIONAL ARCHIVES 2018 [Consultado el 20/05/2018]
Disponible en: <https://www.archives.gov/>



Imagen 13: Declaración de la Independencia de los Estados Unidos de América en su ubicación actual en el edificio de Archivos Nacionales en Washington.

Las causas externas de deterioro, también llamadas causas exógenas o extrínsecas, tienen su origen en el medio ambiente del que se rodea la obra, y sus efectos de alteración nocivos suelen generarse cuando confluyen con las causas intrínsecas de alteración presentes en la obra.

Las causas externas de alteración pueden ser controladas en mayor o menor medida, y los problemas causados por ellas suelen ser previsibles y subsanables mediante el cambio de condiciones ambientales que rodean la obra.

Las causas externas de alteración se dividen en: ambientales (Temperatura y humedad, contaminación atmosférica, vibraciones), biológicas (insectos y microorganismos), físico-mecánicas y catastróficas o accidentales (Inundaciones, incendios, terremotos, vandalismo...).

3.2.2.1 Causas físico-mecánicas

Las causas físico mecánicas son aquellas que se derivan de una mala manipulación o uso indebido, provocando alteraciones físicas. Un ejemplo pueden ser roturas, manchas, o daños por uso de materiales corrosivos como técnicas o preparaciones erróneas para el tipo de soporte utilizado.

Cuando se utilizan técnicas artísticas realizadas con materiales incompatibles entre sí, o que tienen distinto comportamiento ante la humedad, se originan problemas de estabilidad dimensional como grietas, desprendimientos, etc., por lo que es importante tener un conocimiento sobre los materiales que se utilizan para crear la obra.

Asimismo, las tintas de impresión de mala calidad tienden a desvanecerse, y a crear distintas alteraciones químicas. Las tintas de los sellos de propiedad tienden también a dañar la obra, ya que provocan manchas, al igual que los adhesivos. Los barnices tienden a amarillear al oxidarse, y también pueden atraer a microorganismos e insectos si son de origen orgánico.

3.1.2.2 Factores climáticos

3.1.2.2.1 Causas físico-ambientales

La temperatura y la humedad son factores de gran importancia para la estabilidad del papel, ya que cuando estos parámetros sobrepasan los límites marcados, pueden ocasionar daños irreversibles en las obras.

-Temperatura-humedad

Es necesario estudiar la temperatura y la humedad de forma conjunta debido a que son variables interdependientes. La humedad relativa es la relación entre humedad absoluta y humedad necesaria para la saturación (H-R) y varía según la temperatura.

La humedad relativa se mide en función del vapor de agua y la temperatura:

“La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor efectivamente contenido en un volumen determinado a una cierta temperatura y la cantidad máxima de vapor de agua que este mismo volumen podría contener a la misma temperatura.”³²

Cuanto más calor haga, mayor cantidad de agua se necesitará para saturar una atmósfera. Sin embargo, cuando la temperatura desciende, el aumento de la humedad relativa provoca la condensación de agua en el aire:

“Si la cantidad de vapor permanece constante en un recinto cerrado y la temperatura aumenta, la humedad relativa disminuye: se aleja del umbral de saturación. Cuando la temperatura disminuye, la humedad relativa aumenta: se aproxima al umbral de saturación.”³³

Una humedad relativa alta es indicadora de unas condiciones óptimas para la proliferación de microorganismos:

“Ese factor es de gran importancia para el control climático, ya que una tasa alta de humedad favorece el desarrollo de microorganismos y se sabe que, a una temperatura de 25°C, basta un descenso de sólo 4°C para

³² RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipúzcoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. p. 134.

³³ Loc. Cit.

llegar desde el 65% H₂O (extremo mínimo para el desarrollo de microorganismos) al 83% H₂O (óptimo para su desarrollo) “³⁴

Es importante controlar por lo tanto el nivel de humedad relativa para garantizar una óptima conservación del papel, ya que éste es un material muy higroscópico, que se hincha al absorber humedad y se contrae al liberarla.

En general se recomiendan unos niveles de H-R entre el 45% y el 65% para la correcta conservación del papel (a partir del 65% proliferan los microorganismos).

El papel necesita un porcentaje mínimo de agua para mantener su flexibilidad, al actuar ésta como enlace fibrilar. En un ambiente seco, el papel se vuelve rígido y quebradizo, ya que el calor elimina parte de la humedad interna. Por el contrario, el exceso de agua puede reblandecer las preparaciones y tintas, fomentando el crecimiento de microorganismos y reacciones químicas como la hidrólisis.

Dado que en este caso la humedad se considera conjuntamente con la temperatura, hay que tener en cuenta que las variaciones simultáneas de ambos parámetros son más dañinas que un descenso o aumento considerable de uno de ellos:

“Es muy importante tener en cuenta que cualquier cambio brusco o variación diaria de más de 1,5°C y de 2% de H.R., o como mucho 5% H.R., comienza a resultar nociva.”³⁵

Los distintos cambios de parámetros ocasionarán daños diferenciados:

“Exposiciones breves, a una temperatura elevada provocan el amarilleamiento y la fragilidad del papel. Por el contrario, una temperatura baja retarda su envejecimiento.”³⁶

El exceso de humedad ambiental hace que el papel se ablande, perdiendo su forma. Las colas y las tintas se reblandecen, y aparecen manchas de humedad debido a la suciedad que ha sido arrastrada en la absorción. En estas condiciones se pueden generar hidrólisis por formación de ácidos y oxidación, y alteraciones biológicas. Si hay carencia de humedad, el papel se deshidrata y su estructura se vuelve frágil, disminuyendo su resistencia. Los materiales hidrófugos se dilatan

³⁴ KRAEMER, G. (1973) *Tratado de la previsión del papel y de la conservación de Bibliotecas y Archivos* (2ª ed.) Madrid. Dirección General de Archivos y Bibliotecas, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. P. 537.

³⁵ HERRÁEZ, J. A., y RODRÍGUEZ, M. A. (1989) *Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos*. Madrid. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura. P. 9.

³⁶ RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipuzkoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. P. 134.

y reblandecen, causando deformaciones y agrietamientos debido a la diferencia de tensión entre estos materiales y los materiales higroscópicos:

"RH changes cause dimensional changes to the paper: as RH increases paper expands (and vice versa). If a sheet of paper expands or contracts at a different rate or extent relative to an area of material in contact with it (eg paint or a different paper), there will be stress where these two parts meet."³⁷

Una temperatura alta acelera los mecanismos de degradación de la celulosa, aumentando la acidez y la tendencia al amarilleamiento. Las alteraciones biológicas aparecen más raramente, pero el aumento de carga electrostática ocasiona la atracción de polvo. Las bajas temperaturas disminuyen la velocidad de degradación.

El calor húmedo provoca que el papel pierda su resistencia mecánica, al volverse quebradizo por la aceleración de la hidrólisis ácida de las moléculas de celulosa y colágeno. En esta situación se potencian todas las causas de deterioro anteriormente mencionadas.

"Thus extensive fluctuations of RH can cause loss of flatness and flaking of pigment in some works of art. At a sufficiently high RH, eg in excess of 60-70% RH, fungal (mould) growth becomes possible. Fungi proliferate more easily in still air, therefore if the RH is sufficiently higher in the stagnant air of an enclosure than in a ventilated space, mould will grow.

The brown spots sometimes seen on paper are known as "foxing". These are triggered by storage of the paper at a high RH. The cause of foxing is believed to be either microorganisms growing in the paper and/or the corrosion of metal (usually iron) particles in the paper."³⁸

El deterioro de papel más común es la hidrólisis catalizada por ácido, cuando el agua hace que la escisión de la cadena de polímero de celulosa resultando en la pérdida de resistencia del papel.

³⁷ KOSEK, Joanna M. (2004) *Conservation mounting for prints and drawings. A manual based on current practice at the British Museum*. Archetype Publications in association with The British Museum. P. 16.

Traducción: *Los cambios de HR causan cambios dimensionales en el papel: a medida que aumenta la HR, el papel se expande (y viceversa). Si una hoja de papel se expande o contrae a una tasa o extensión diferente en relación a una superficie de material en contacto con él (por ejemplo, pintura o un papel diferente), no habrá estrés donde estas dos partes se encuentran.*

³⁸Ibíd. P. 17.

Traducción: *Extensas fluctuaciones de HR pueden causar pérdida de planitud y escamación de pigmentos en algunas obras de arte. En una humedad relativa suficientemente alta, por ejemplo, por encima de 60 a 70% de HR, el crecimiento de hongos (moho) se hace posible. Los hongos proliferan más fácilmente el aire estancado, por lo tanto si la humedad relativa es lo suficientemente alta en el aire estancado de un recinto que en un espacio ventilado el crecimiento de hongos se verá favorecido. Las manchas marrones que a veces se pueden ver en el papel son conocidas como "foxing". Son provocadas por el almacenamiento del papel a una alta humedad relativa. Se cree que la causa del foxing puede ser o bien por microorganismos que crecen en el papel, o por la corrosión de partículas de metal (por lo general de hierro) en el papel.*

El deterioro del papel no puede detenerse por completo e incluso en las mejores condiciones ambientales continúa a una frecuencia baja, pero medible. Dado que la tasa de deterioro del papel se acelera con un incremento de la temperatura y la humedad, el almacenamiento del papel a bajas temperaturas y a una humedad relativa baja debería crear unas mejores condiciones de conservación.

El ciclo vital de los hongos y bacterias depende de la tasa de humedad relativa y la temperatura, siendo la temperatura más favorable para su crecimiento entre 22 y 25°C, con una H-R superior al 65%.



Imagen 14: Estampa afectada por humedad (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura).

-La luz

Una fuente luminosa, ya sea natural o artificial, emite radiaciones que se dividen en visibles e invisibles, infrarrojas y ultravioletas. La luz, siempre y cuando sea de intensidad controlada, no tiene por qué ser nociva para la conservación del papel. De hecho, puede ser beneficiosa ya que afecta negativamente el desarrollo de microorganismos e insectos.

Sin embargo, el exceso de luz también puede provocar efectos muy dañinos que se seguirán propagando por todo el papel incluso una vez retirada la fuente de luz.

Fuentes naturales:

El sol es la principal fuente de la luz natural, y la más peligrosa de todas, ya que posee todo tipo de radiaciones lumínicas (ondas electromagnéticas de longitudes de onda entre 290 y 2400nm). Sin embargo, la retrodifusión de la luz por medio de la atmósfera (nubes,

polvo, agua, gases, etc.), hace que sólo nos llegue un 47% de la luz proveniente del sol. De ese porcentaje, el 25% son radiaciones difusas, y el otro 22% son radiaciones directas:

“De todas las radiaciones existentes, el ojo humano percibe sólo la llamada “región visible”, situada entre 400 y 700 nm. Por debajo de la región visible se encuentran las radiaciones ultravioletas (longitud de onda menos de 400nm) y por encima las infrarrojas (más de 700nm); la energía de las radiaciones depende de su longitud de onda: a menor longitud de onda mayor energía, y a mayor energía mayor poder de penetrabilidad.”³⁹

La cantidad de rayos ultravioleta que llegan a la superficie no constituyen más de un 9%, y si se interpone un cristal entre estas radiaciones y la obra artística, a ésta sólo le llegarán un 5% de radiaciones ultravioletas.

Fuentes artificiales:

Las fuentes de luz artificiales emiten radiaciones visibles y otras radiaciones en mayor o menor medida, dependiendo del tipo de fuente. En general, la luz incandescente es más rica en radiaciones infrarrojas y luz fluorescente en ultravioletas. La energía lumínica, al incidir sobre los objetos, se transforma en energía química o calorífica según el poder de penetración de las radiaciones. Las radiaciones de poca longitud de onda (alto poder de penetración) provocan daños químicos en el papel, mientras que las de mucha longitud de onda (bajo poder de penetración) generan daños físicos derivados del aumento de temperatura.

Las radiaciones infrarrojas tienen una longitud de onda larga, por lo que producen alteraciones físicas derivadas del calor generado por sus radiaciones de tipo térmico (agrietamientos, exfoliación y desintegración, amarilleamiento...). Este tipo de radiaciones no son peligrosas si no se excede el tiempo de exposición.

Las radiaciones ultravioletas generan radiación electromagnética (radiaciones de baja longitud de onda), provocando reacciones fotoquímicas en los materiales, ya sea por sí mismas o en presencia de humedad y oxígeno.

Las lámparas fluorescentes emiten luz al someterse a una radiación ultravioleta. Los rayos ultravioletas también son absorbidos por materiales fluorescentes. Las temperaturas de estas lámparas son más elevadas que las de las lámparas incandescentes, por lo que sus colores son más fríos.

“Los tubos emiten menos radiaciones infrarrojas (35%) y más ultravioletas que las lámparas incandescentes (0.3 a 0.7%). La radiación de la parte visible del espectro es de aproximadamente un 35%. Los tubos fluorescentes emiten

³⁹ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) *Estabilidad del papel en las obras de arte*. Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P. 60.

más radiaciones energéticas que las lámparas incandescentes. La tasa de degradación permanece sin embargo inferior a la de la luz natural.”⁴⁰

Debido a su alta energía y a su corta longitud de onda, la radiación ultravioleta tiene alto poder de penetración en el papel, razón por la que provoca daños químicos, aparte de una acción fotoquímica muy destructiva. Estos efectos fotoquímicos son derivados de la fotólisis (desdoblamiento de una sustancia por la acción de la luz) y de la fotoxidación (oxidación por efecto de la luz).

“Mediante la fotólisis, la luz causa la descomposición química de la celulosa al romper los enlaces que agrupan sus átomos. Por otro lado, los átomos y moléculas separadas tienden a reunirse formando elementos con características distintas a las de las moléculas primitivas; estas moléculas resultantes de la descomposición fotolítica se combinan consigo mismas o reaccionan con otras moléculas. Al final, como productos de degradación, se generan compuestos muy complejos que pueden causar graves alteraciones.”⁴¹

El papel, al estar formado por celulosa (compuesta de carbono, hidrógeno y oxígeno), puede llegar a desintegrarse por acción de la luz, especialmente si está potenciada con calor, humedad y acidez. Las impurezas que nos podemos encontrar en la composición del papel, como la lignina, absorben mejor que la celulosa las radiaciones ultravioletas, pero contribuyen a la degradación del soporte.

La fotoxidación es otro efecto químico de la luz:

“Se produce, bien cuando la energía radiante afecta a un compuesto que dispone de oxígeno y lo libera, bien cuando se oxidan, por efecto de este oxígeno o del oxígeno ambiental, las agrupaciones moleculares originadas en la fotólisis (radicales). El oxígeno aislado que se desprende actúa como elemento decolorante (por ejemplo, de las tintas) y en combinación con otras moléculas puede dar lugar a óxidos, ácidos (óxido más agua) y otros elementos químicos nocivos como el peróxido de hidrógeno, degradatorio y decolorante (oxígeno más agua y calor). Esto afecta al polímero de celulosa, convirtiéndolo en oxixelulosa y provocando la desintegración y amarilleamiento del papel que, como vimos, puede ocasionarse por distintos medios (hidrólisis de la celulosa).”⁴²

Las longitudes de onda menores de 385nm ya tienen capacidad para alterar la lignina, lo que origina el amarilleamiento del papel, principalmente los formados a base de pasta mecánica. Sin embargo, la luz visible tiene un efecto blanqueante.

⁴⁰ RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipúzcoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. P. 137.

⁴¹ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) *Estabilidad del papel en las obras de arte*. Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P. 61.

⁴² Loc. Cit.

“Se piensa que el blanqueamiento es debido a la acción de la luz visible sobre los grupos aldehídos coniféricos que no existen más que en la pasta de madera.”⁴³

La coloración del papel está influenciada por varios factores: la temperatura, la composición del papel y la presencia de oxígeno o vapor de agua. Los papeles no ácidos se alteran menos que los papeles de pasta mecánica. Los papeles que contienen un componente mineral de hierro, celulosa poco purificada o encolados con colofonia, tienden a amarillear muy fácilmente por efecto de la luz. El papel de periódico es el más afectado por la luz, mientras que los papeles de pasta de trapos tienden a blanquear.

La acción combinada de la temperatura y la luz puede decolorar el papel. El papel amarillea si se expone a una fuente de calor o a una fuente de luz, pero tiende a blanquear si se le mantiene a una temperatura baja.



Imagen 15: Amarilleamiento ocasionado por incorrecta iluminación durante una exposición prolongada. La zona interior no ha sufrido alteración por quedar protegida (oculta) por otro dibujo. (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura).

⁴³ RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipúzcoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. P. 138.

-Vibraciones

En el caso de que un objeto reciba vibraciones más o menos continuas, ocasionará grietas o desprendimientos debido al movimiento intermolecular. En el peor de los casos, el objeto se desintegra. El daño que recibe el objeto por causa de vibraciones será mayor cuanto más rígidos y menos flexibles sean los objetos.

3.1.2.2.2 Causas químico-ambientales

-Polución atmosférica/contaminación ambiental

La atmósfera está contiene una serie de productos de desecho arrastrados por el aire, especialmente en zonas industriales y en ciudades. Esto recibe el nombre de polución atmosférica, y es la primera fuente externa de alteración química. Entre los gases más corrosivos que nos podemos encontrar en un ambiente contaminado se encuentran los compuestos de azufre, óxidos de nitrógeno y ozono.

El aire está compuesto de una mezcla de gases y partículas sólidas dispersadas. Muchos de los gases contaminantes son el producto de la combustión de productos petrolíferos, y suelen causar acidez. Por ello, el papel que se encuentra en ciudades o zonas con contaminación ambiental suele tener unos niveles de acidez mayores que los papeles que se encuentran en zonas rurales.

Los agentes contaminantes en la atmósfera se dividen en aerosoles y vapores. Los aerosoles (también llamados polvos, humos y niebla) son partículas sólidas o líquidas en suspensión aérea que son capaces de retener y absorber otros elementos químicos como carbón, metales, cloruro de sodio, etc. También pueden absorber sustancias grasas, las cuales provocan suciedad y abrasión.

Los aerosoles pueden actuar como medio de transmisión de elementos químicos que pueden dar lugar a un agente agresivo mediante su aglutinamiento. Los aerosoles tienen una acción múltiple. Los radicales ácidos y los iones metálicos que contienen contribuyen a catalizar los procesos de degradación (al humedecerse debido a su gran higroscopicidad, estos radicales ácidos y metálicos se convierten en elementos oxidantes y acidificadores).

Al ser partículas higroscópicas, son capaces de contener suficiente cantidad de agua como para favorecer el crecimiento de microorganismos. Por lo tanto, el polvo es también fuente de contaminación biológica.

Sin embargo, los gases contaminantes procedentes de la combustión industrial son incluso un problema mayor que los aerosoles, ya que son muy corrosivos al degradar el papel en presencia de humedad y calor mediante hidrólisis y catalización.

Dentro de los contaminantes industriales destacan los gases derivados del nitrógeno y los gases sulfurosos. Los derivados del nitrógeno suelen generar alteraciones químicas y manchas:

“El dióxido de nitrógeno se forma cuando el óxido de nitrógeno, derivado de toda combustión a altas temperaturas, se combina con el oxígeno y nitrógeno naturales; la acción de las bacterias sobre nitratos y nitritas también genera dióxido de nitrógeno, al igual que la luz, rayos solares y cósmicos, vuelos estratosféricos, etc. en principio no es negativo, pero se descompone con la luz, dando lugar a la formación de óxido nítrico y oxígeno atómico.”⁴⁴

Estos dos componentes pueden ocasionar problemas serios. El óxido nítrico se transforma en ácido nítrico, de acción corrosiva similar a la del ácido sulfúrico, mientras que el dióxido de nitrógeno que deriva en ácido nitroso en contacto con agua, siendo éste también muy corrosivo.

Dentro de los gases sulfurosos destaca el dióxido de azufre, generado a través de la combustión de hidrocarburos como el fuel-oil. Los gases sulfurosos también tienen origen de forma natural debido a las bacterias (que en este caso general acidosulfhídrico, que al oxidarse se transforma en dióxido de azufre). Por sí mismo, el dióxido de azufre no es nocivo, sin embargo, en presencia de partículas de metal dentro del papel o tinta, y por hidrólisis, se transforma en ácido sulfúrico, que puede corroer su superficie fácilmente. Esto se pone de manifiesto en los cantos de las hojas de papel, que se vuelven frágiles y de color amarillo.

Aparte de los gases anteriormente mencionados, hay gases de origen natural que son nocivos para la conservación del papel. Un ejemplo es el oxígeno, que unido a otros elementos forma óxidos que si se combinan con el agua dan lugar a ácidos que general degradación cáustica y decoloración del soporte.

Otros elementos nocivos de origen natural son el vapor de agua, el peróxido de hidrógeno, el ozono y el amoníaco:

“El ozono se deriva del oxígeno atmosférico al ser transformado por la luz ultravioleta de onda corta (200nm); su acción oxidante y decolorante es mayor que la del propio oxígeno. Rompe los enlaces de los átomos de carbono y altera gravemente barnices, colas y gelatinas. Las copadoras electrostáticas y otra maquinaria, como los precipitadores de flujo electrostático, también pueden generar ozono.

El vapor de agua es dañino por fomentar la hidrólisis y otras alteraciones químicas. El peróxido de hidrógeno se forma por oxidación de sustancias orgánicas (por ejemplo, pinturas recientes) y también es oxidante y decolorante. El amoníaco se produce por descomposición de la materia orgánica (por ejemplo, la transpiración humana) y, aunque

⁴⁴ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) *Estabilidad del papel en las obras de arte*. Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P. 65.

es de naturaleza muy alcalina, si se oxida y se une a la humedad ambiental forma ácido nítrico, muy corrosivo y peligroso para el papel.”⁴⁵

Por lo tanto, es imprescindible controlar estos factores para garantizar una correcta conservación del papel.

3.1.2.3 Agentes biológicos

Las causas biológicas de degradación son las provocadas por seres vivos, desde animales hasta bacterias y hongos. Estos agentes biológicos son los responsables de los daños más frecuentes en la degradación del papel.

3.1.2.3.1 Bacterias

Las bacterias son organismos unicelulares invisibles al ojo humano, de tamaño del orden de 0.001µm, por ello su presencia al principio pasa desapercibida. La presencia de bacterias se manifiesta por pequeñas manchas amarillentas aisladas.

Las bacterias aerobias (bacterias que necesitan oxígeno para desarrollarse) son las principales responsables de la degradación del papel. Las bacterias anaerobias no necesitan oxígeno para su desarrollo. Las bacterias también se dividen en mesófilas (cuyo crecimiento óptimo se encuentra entre los 30-40°C) y las termófilas (que se desarrollan entre 50-60°C).

Las bacterias pueden vivir tanto expuestas a la luz como a la oscuridad, y el calor y la humedad ayudan a su proliferación. Son bastante sensibles a la temperatura, y no pueden sobrevivir con una tasa de humedad relativa menor del 65% (la tasa óptima es del 100%). El pH en el que pueden subsistir está entre 1 y 12, pero se desarrollan mejor en condiciones ligeramente alcalinas, con un pH entre 7,2 y 7,5.

Las bacterias heterótrofas descomponen los componentes del papel tales como la celulosa, almidón, colágeno, etc. Dependiendo del tipo de bacteria, se pueden alimentar únicamente de celulosa (celulíticos obligatorios), o de diversas clases de glúcidos (celulíticos facultativos).

“Las bacterias proteolíticas producen enzimas proteolíticas o colagenasas que se adhieren sobre las proteínas y las gelatinas, específicamente, sobre la gelatina.

Se ha demostrado que las obras sobre papel en contacto con personas que sufren enfermedades contagiosas tales como neumonía, disentería, fiebres tifoideas, meningitis y otras, se contaminan. Las bacterias sobreviven varios

⁴⁵ Loc. Cit.

*días por lo cual es necesario sin más tardanza retirar las obras de la fuente de infección y desinfectarlas.*⁴⁶

Las bacterias producen una enzima que rompe las cadenas moleculares que forman la celulosa, convirtiéndola en glucosa. Del mismo modo, descomponen la hemicelulosa, el almidón, colágeno, etc. Al descomponer la celulosa, las bacterias producen glucosa, que atrae a los insectos que se alimentan de ella.

Los efectos de las bacterias son prácticamente invisibles al principio, sin embargo pueden acabar apareciendo manchas de color amarillento, pardo, azul o incluso negro.

3.1.2.3.2 Hongos

Los hongos (fungi) son organismos vegetales inferiores (sin ramas, tronco, hojas ni clorofila). De su tallo parten filamentos (hifas) que forman micelios. Al no poseer clorofila, no pueden realizar la fotosíntesis, por lo que se nutren de bacterias orgánicas procedentes de la descomposición de restos de materia orgánica.

Los hongos degradan la materia y dejan manchas coloreadas debidas a los pigmentos que segregan. Estas manchas pueden aparecer como círculos más oscuros en el centro y de menor intensidad de color en su perímetro. A veces se puede apreciar un ligero relieve en estas manchas, que pueden estar compuestas de restos orgánicos o inorgánicos.

Resulta difícil identificar con certeza el origen del hongo en el caso de infestación en el papel, ya que la contaminación se puede producir casi en cualquier momento, desde la fabricación de la pasta de papel. Los hongos pueden provenir de los materiales utilizados en la fabricación o añadidos posteriormente en las sustancias de preparación del papel, como las colas, pudiendo permanecer en estado latente durante meses, para desarrollarse en el momento en que las condiciones ambientales les sean favorables.

Cuando el hongo se incorpora al papel durante el proceso de fabricación del papel, se produce una infección primaria. La infección secundaria se produce cuando el microorganismo ataca el material posteriormente a su fabricación. Las infecciones secundarias se pueden producir por muchas causas diversas, como por ejemplo, por contacto con materiales infectados.

La temperatura y la humedad son los factores más importantes para el crecimiento de los hongos. Las esporas y conidios de los hongos se desarrollan en un rango muy amplio de temperatura, desde 0°C hasta 50-60°C. Sin embargo, la mayoría de los hongos se desarrollan principalmente de 15 a 35°C (especialmente entre 24 y 30°C). En cuanto a la humedad, las condiciones más favorables son de 65 al 80%

⁴⁶ RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipuzkoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. p. 143-144

H.R.; por debajo del 65% su crecimiento es débil, y por encima del 95% el crecimiento es superabundante. El sustrato ideal es ligeramente ácido, con un pH en torno a 4,8 – 5,6.

Factores para el crecimiento de hongos	
Temperatura ideal	24°C – 30°C
H.R.	65% - 80%
pH	4,8 – 5,6

Tabla 2: Factores ideales para el crecimiento de hongos.

Al contrario de lo que se puede pensar, la congelación no tiene por qué destruir a los microorganismos, ya que muchos de ellos logran sobrevivir durante un período más o menos largo en condiciones adversas. Sin embargo los rayos solares sí tienen una acción nociva e inhibidora sobre muchas especies, ya que los microorganismos se ven muy afectados por las radiaciones ultravioletas.

Otros factores favorables al crecimiento de microorganismos son los aerosoles (ya que poseen sales y materias orgánicas y minerales que ayudan al crecimiento de los hongos), la falta de aireación, restauraciones inadecuadas, recintos contaminados, etc.

En cuanto a la acción de estos microorganismos sobre el papel, principalmente se centra en atacar a ciertas sustancias como el almidón, la dextrina o la caseína, por lo que el papel fabricado a partir de pasta de madera es más vulnerable que el papel de trapos.

Los microorganismos actúan descomponiendo químicamente la celulosa mediante su transformación en glucosa, debilitando el papel y haciendo que adquiera un aspecto blando y algodonoso. Debido al consumo de la celulosa, estos microorganismos excretan productos nocivos (elementos ácidos) que provocan la desaparición del apresto superficial, volviendo poroso al papel y fomentando otras degradaciones derivadas de la acidez. Suelen dejar fuertes manchas producidas por pigmentos, cuya coloración varía dependiendo de la especie, y fomentan el ataque de la celulosa por los insectos.

“La acción de los hongos papirícolas es doble, pueden ser a la vez agentes de infección y de destrucción. En el curso de su crecimiento, el micelio se adentra entre las fibras del papel y las ataca gracias a un verdadero proceso digestivo. Esta acción puede ser lenta; es preciso, a veces, que pasen varios meses para detectar las degradaciones.

Las enzimas liberadas por los microorganismos atacan a la celulosa, a las proteínas y a los taninos. Loas enzimas debilitan el papel volviéndolo blando y frágil, pero pudiéndose manipular sin romperlo. El penicillium degrada especialmente las tintas ferrogálicas..”⁴⁷

⁴⁷ Loc. Cit.

Hay algunos hongos que segregan una sustancia que es capaz de pigmentar las fibras del papel, generando manchas de colores de distinta intensidad:

“Aún hoy se desconoce el motivo de la fuerte coloración que ocasionan muchos hongos; lamentablemente el color no permite identificar la especie, ya que un mismo microorganismo causa pigmentaciones distintas. Hay hongos que generan por sí mismos modificaciones del color (cromóforos) pero en algunos casos la coloración se debe a los ácidos procedentes de la hidrólisis de la celulosa o a los productos residuales segregados por el microorganismo. Las manchas con relieve pueden estar formadas por restos orgánicos (lignina) e inorgánicos (hierro), generados mediante la descomposición del papel.”⁴⁸

Los hongos *penicilium*, *fusarium*, *chaetomium* o *trichoderma* pueden encontrarse frecuentemente degradando obras en papel. Estos hongos son peligrosos para la salud humana, ya que pueden causar irritaciones pulmonares, síntomas de asma e irritaciones de la piel.

En algunos papeles de los siglos XVIII y XIX se puede apreciar la presencia de pequeñas manchas distribuidas irregularmente por su superficie, una apariencia de papel picado. A esta alteración se la llama “foxing” por alusión al color rojizo de las manchas, similar al color del pelo de zorro (“fox” en inglés). El origen del foxing es un tema muy controvertido, y a día de hoy aún no hay consenso entre los investigadores acerca de su causa.

Esta alteración se relaciona con descuidos en el momento de preparación del papel, entre ellos reducción del agua y tiempo necesario para la limpieza de las fibras, dada la gran demanda de papel que se origina a partir de esta época.⁴⁹ También se ha atribuido como causa del foxing a la acción del hierro, especialmente relacionado con el empleo de la pila holandesa.

Otros investigadores consideran que el foxing es una forma de crecimiento biológico y se ha podido corroborar que en muchas ocasiones es debido a hongos inferiores. La presencia de humedad, las altas temperaturas y los materiales de mala calidad suelen aumentar la probabilidad de aparición del foxing.

⁴⁸ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) *Estabilidad del papel en las obras de arte*. Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P. 69.

⁴⁹ HUNTER, D. (1978) *Papermaking. The history and Technique of an Ancient Craft*. Nueva York. Dover Publications, Inc. P. 154.

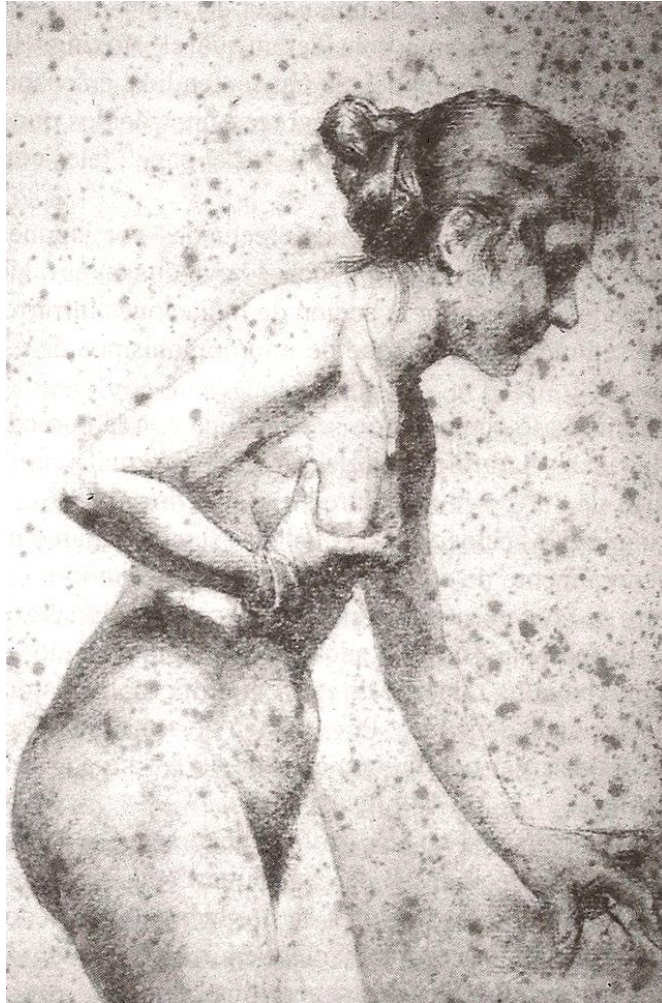


Imagen 16: Desnudo de Diaz de Olano (Lapiz y conté), degradado por “foxing”.

3.1.2.3.3 Insectos

Los insectos son seres pluricelulares de la familia de los artrópodos, caracterizados por tener dos antenas en la cabeza, un tórax (generalmente con alas), abdomen, y seis patas. Se clasifican en thysanouros, dictióperos, psocópteros, isópteros, coleópteros y dípteros.

Los insectos son un factor de alteración muy peligroso, con el agravante de que muchas veces pasan desapercibidos. Su fase larva es la más peligrosa, ya que pueden destrozar completamente el papel. La mayoría de los insectos bibliófagos pertenecen a ambientes cálidos y húmedos, desarrollándose especialmente en zonas oscuras. Los insectos bibliófagos más frecuentes son la carcoma y los “gusanos de libro”, las lepismas o pececillo de plata, las cucarachas y las termitas.

La lepisma pertenece a la familia de los thysanouros, y también es conocido como el pececillo de plata. Podemos encontrarlas en todo el mundo. Se desplazan rápidamente pero son lucífugos (se esconden durante el día). Las condiciones óptimas para el desarrollo de la lepisma

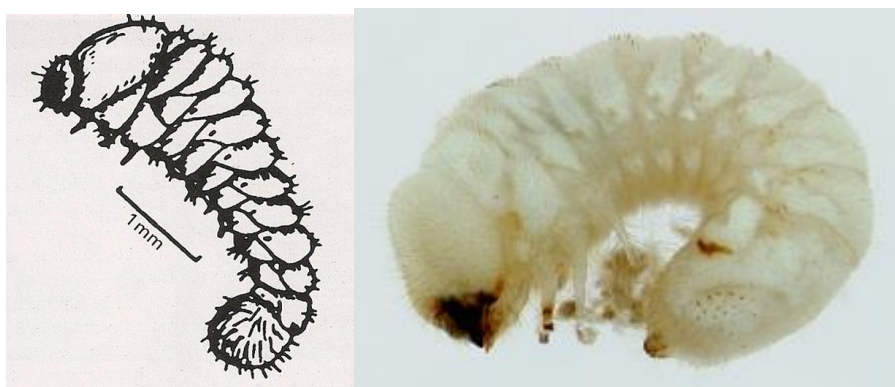
es una temperatura entre 16 y 27°C, con un 75-97% de H.R. Suelen vivir tres años, dependiendo de las condiciones ambientales. Se alimentan de hidratos de carbono provenientes del almidón o la celulosa, o de proteínas. Atacan el papel superficialmente y de manera irregular, perforándolo. No realizan galerías, y después de su ataque, el papel suele tener corrosión superficial. Su aparato masticador es poco potente y prefieren las zonas encoladas. No les gusta el papel con más de 50% de pasta mecánica, mientras que la pasta química es devorada rápidamente.



Imágenes 17 y 18: Lepisma.

Las cucarachas pertenecen a la familia de los dictióperos. Las cucarachas son omnívoras y de fuertes mandíbulas. Atacan la superficie de los papeles produciendo unas manchas de color negro debido a sus excrementos. Sus condiciones óptimas de vida se sitúan entre 20 y 30°C y un 70% de H.R. Suelen vivir unos tres años y son más activas durante la noche.

Los piojos son de la familia de los psocópteros. Los piojos se alimentan de las hifas o esporas que encuentran en la superficie del papel. Sus condiciones óptimas de vida se encuentran a una temperatura de 25°C y un 80-90% de H.R. Prefieren la oscuridad y ambientes húmedos. Los insectos más nocivos para el papel pertenecen a la familia de los coleópteros, que se dividen en anobios, como la carcoma (*Anobium punctatum*) y líptidos (termita). Las termitas son xilófagas, pero también atacan los papeles que se encuentran en bloques o zonas oscuras.



Imágenes 19 y 20: *Anobium punctatum*.

De estas especies, su forma de larva es la más destructiva. Son de color blanco y se desarrollan a una temperatura de entre 24 a 28°C (aunque resisten temperaturas de 8 a 40°C) y una humedad relativa del 80 al 90%. . Su ciclo vital es de 1 a 3 años y son lucífugas.

Su ataque se caracteriza por perforaciones en el interior del papel, sin que se llegue a apreciar en los cantos. El perímetro de las perforaciones suele estar manchado de una sustancia de color pardo o negruzco. Entre los animales mamíferos destaca el ataque de los roedores. Los roedores causan desgastes importantes en los depósitos de museos, archivos y bibliotecas. Estos roedores atacan y devoran el papel para obtener material a partir del cual fabricar sus nidos. Los excrementos que dejan a su paso ocasionan manchas ácidas en el papel.

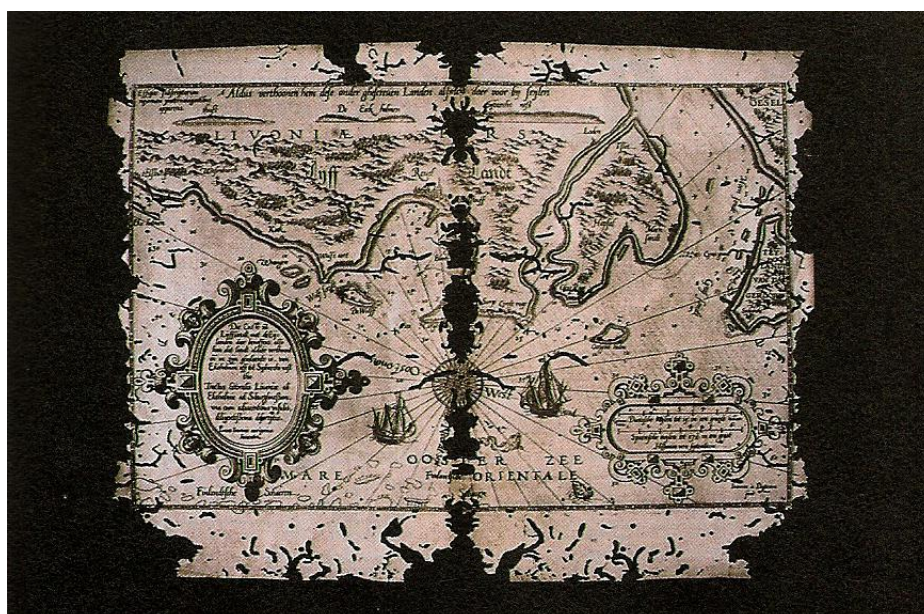


Imagen 21: Ataque de anóbidos.

3.1.2.4 Causas catastróficas

Nos referimos a causas catastróficas cuando hablamos de inundaciones, guerras, incendios, vandalismo, etc. Estas causas pueden suponer una degradación dramática de la obra, cuando no su completa destrucción. Debido a su difícil previsión, es necesario poner todos los medios al alcance para evitar que sucedan, o al menos estar preparados para afrontar sus consecuencias.

Las inundaciones pueden provocar el desgarro y la deformación del papel, corrimiento de tintas o pigmentos, apelmazamiento, manchas, microorganismos, etc.

Los incendios son muy destructivos, ya que el fuego prende con mucha facilidad en soportes celulósicos. Hay que tener en cuenta que para

sofocar el incendio, si se usa una manguera de agua, a los efectos del fuego se le añadirán los efectos de una inundación.

Durante una guerra o un acto vandálico, las obras pueden sufrir serios daños. El intentar salvaguardar las obras de forma precipitada en estos casos también puede ocasionar daños a las obras, a pesar de su buena intención, sobre todo si se incumplen las condiciones mínimas ambientales requeridas para su buena conservación. Esto puede derivar en condensaciones de humedad en cajas de seguridad, ataques de insectos bibliófagos, acidez, etc.

3.2 Permanencia y durabilidad del papel

Actualmente hay una diferencia abismal entre la permanencia de los papeles de hoy en día y los de la antigüedad. Los papeles fabricados con anterioridad a la segunda mitad del siglo XIX muestran una excelente permanencia a pesar de su antigüedad, sin embargo los papeles actuales sufren un rápido deterioro en cuestión de años. Esto es causado en gran medida por los materiales utilizados en su fabricación.

Debido a la industrialización y comercialización a gran escala del papel, las materias primas han rebajado notablemente su calidad y los procedimientos no siempre son los más aconsejables (como por ejemplo, el encolado con alumbre-colofonia), lo que ocasiona la rápida degradación del papel, amarilleamiento, fragilidad, etc.

Esto no es necesariamente un problema cuando estos papeles de mala calidad se usan para documentos de transmisión de información, de vida corta, como periódicos o notas. El problema aparece cuando estos papeles se usan como soporte de documentos importantes u obras de arte, donde lo importante no es, solo su manejo, sino su capacidad estética y permanencia.

El uso de papel de mala calidad como soporte de patrimonio histórico artístico y cultural significa su deterioro en un corto periodo de tiempo, con todo lo que ello implica. El papel con mejores características para resistir el paso del tiempo es el que está fabricado con fibras carentes de lignina y de alto contenido en celulosa, con encolado neutro y reserva alcalina.

“(...) Los antiguos papeles de trapos se acercaban bastante a este modelo, con fibras textiles (de algodón y lino), reserva alcalina por la maceración con cal, y encolado de almidón o gelatina, químicamente aceptable. Los papeles modernos de pasta de madera pueden tener idénticas cualidades si se fabrican con pastas químicas de madera (sin lignina), se encolan con resinas sintéticas o con polímeros orgánicos, y se adiciona carbonato cálcico como reserva alcalina.”⁵⁰

La permanencia y la durabilidad de un objeto determinan su comportamiento a lo largo del tiempo. La permanencia define la cualidad de un objeto para mantener sus características originales con el paso del tiempo (afecta a la materia), y la durabilidad se refiere a la resistencia del objeto ante el deterioro por uso (afecta a la función).

Estas características se pueden medir mediante análisis químicos, pruebas de envejecimiento artificial y ensayos físico-mecánicos, que nos ayudan a definir si un papel se ajusta a nuestras pretensiones de uso.

⁵⁰ VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) *Estabilidad del papel en las obras de arte*. Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P. 50.

3.2.1 Condiciones ambientales para la adecuada conservación de obras sobre papel

La reactividad de materiales orgánicos como el papel, pergamino y otros soportes artísticos es menor cuando las condiciones ambientales se mantienen a los niveles que se han demostrado por experimentación que causan el menor cambio.

El almacenamiento a baja temperatura es preferible, aunque la elección de temperatura suele regirse por los requisitos del confort humano así como por la disponibilidad de recursos. También hay que tener en cuenta que las colecciones de papel se encuentran en países sujetos a todo tipo de climas extremos, incluyendo aquellos que son muy calurosos y muy húmedos.

Muchas colecciones no pueden sufragar el gasto de la instalación y el mantenimiento de aire acondicionado o sistemas de reducción de temperatura en los lugares de almacenaje.

A continuación, Kosek nos deja unos consejos sobre los niveles recomendados para la exposición y almacenamiento de obras y archivos de papel según el BSI (Instituto de Standards Británico):

“Levels of environmental conditions recommended for storage and display of archives on paper as stated in the BSI (British Standards Institute) BS 545 (BSI 2000) (further reinterpreted in Kitching et al. 2001) and conditions recommended for storage in the ISO (International Organization for Standardization) ISO 11799 (ISO 2003) can be summarized as follows:

Temperature, which is governed by human comfort, is recommended by BSI to be kept at a fixed point between 16°C and 19°C with a tolerance of 1°C on either side for “frequently-handled material”. For “infrequently-handled material” the temperature should be kept at a fixed point within the range of 13°C to 16°C, but items have to be acclimatized before use in a recommended transitional environment. ISO gives a range of minimum and maximum temperatures with tolerable daily changes within the limits +/- 1°C and monthly drift of 1.5°C within the absolute minimum and maximum limits. These are for “paper, optimum preservation” between 2°C and 18°C; for “paper, staffed stack areas, items in regular use” between 14°C and 18°C; and for “parchment, leather” between 2°C and 18°C.

Relative humidity (RH) for paper and parchment is recommended by BSI at a fixed point within the range between 50% and 55% +/-5%RH, but ranging neither below the minimum nor above the maximum. “Little used paper in bound volumes” may be stored at 40% RH but needs to be acclimatized before use in a recommended transitional environment. ISO recommends minimum and maximum RH with tolerable daily changes within the limits +/-3% and monthly drift of 3% within the absolute minimum and maximum limits. These are specified for “paper,

optimum preservation" between 30% RH and 45% RH; for "paper, stacked areas, items in regular use" between 35% RH and 50% RH; and for "parchment, leather" between 50% RH and 60% RH.

Light levels: storage in darkness.

Lighting for exhibition for paper with light-sensitive inks and pigments should not exceed 50 lux with an annual exposure of not more than 18,000 lux hours (360 hours at 50 lux) and for carbon inks 72,000 lux hours (360 hours at 200 lux) (BSI).

Ultraviolet light (wavelength below 400 nm) should be below 75 μ watts per lumen (ISO); 10 μ watts per lumen (BSI).

Air pollution: the maximum limits tolerance for sulphur dioxide, nitrogen oxides and ozone should not exceed 5-10 parts per billion by volume. The maximum limits tolerance for acetic acid and formaldehyde should not exceed 4 parts per billion by volume and for dust particles not to exceed 50 μ g/m³ (ISO)."⁵¹

⁵¹ KOSEK, Joanna M. (2004) *Conservation mounting for prints and drawings. A manual based on current practice at the British Museum*. Archetype Publications in association with The British Museum. p. 15.

Traducción: Los niveles de las condiciones ambientales recomendadas para el almacenamiento y exposición de archivos en papel como se indica en la BSI (British Standards Institute) BS 545 (BSI 2000) (reinterpretados con más detalle en Kitching et al., 2001) y las condiciones recomendadas para el almacenamiento en la ISO (Organización Internacional para la Estandarización) ISO 11799 (ISO 2003) se pueden resumir de la siguiente manera:

- La temperatura, que se rige por el confort humano, se recomienda por el BSI que se mantenga en un punto fijo entre 16°C y 19°C con una tolerancia de 1 ° C más o menos para el "material frecuentemente manejado". Para el "material poco frecuentemente manejado" la temperatura se debe mantener en un punto fijo en el rango de 13°C a 16°C, pero los objetos tienen que ser aclimatados antes de su uso en un entorno de transición recomendado. ISO da una gama de temperaturas mínimas y máximas con cambios tolerables diarias dentro de los límites de +/- 1°C y una deriva mensual de 1,5°C dentro de los límites absolutos de máximo y mínimo. Estos son para "preservación óptima del papel" entre 2°C y 18°C; de "papel, áreas apiladas, objetos en uso regular" entre 14°C y 18°C; y por "pergamino, cuero" entre 2°C y 18°C.

- La humedad relativa (HR) para papel pergamino y está recomendada por el BSI en un punto fijo dentro del rango entre 50% y 55% +/- 5% HR, pero que va ni por debajo del mínimo ni por encima del máximo. El "Papel poco usado en volúmenes encuadernados" se puede almacenar a un 40% de humedad relativa, pero necesita ser aclimatado antes de su uso en un entorno de transición recomendado. ISO recomienda un mínimo y un máximo de HR con cambios tolerables diarios dentro de los límites de +/- 3% y una desviación mensual de 3% dentro de los límites de máximo y mínimo absoluto. Estos se especifican para "papel, conservación óptima" entre el 30% de humedad relativa y 45% de humedad relativa; para "papel, áreas apiladas, objetos en uso regular" entre el 35% de humedad relativa y 50% de humedad relativa; y para "pergamino, cuero" entre el 50% de humedad relativa y 60% de humedad relativa.

- Niveles de luz: almacenar en la oscuridad.

- La iluminación para la exposición de papel con tintas y pigmentos sensibles a la luz no debe exceder de 50 lux con una exposición anual de no más de 18.000 horas lux (360 horas a 50 lux) y para las tintas de carbono 72.000 horas lux (360 horas a 200 lux) (BSI)

- La luz ultravioleta (longitud de onda inferior a 400 nm) debe ser inferior a 75 μ watts por lumen (ISO); 10 μ watts por lumen (BSI).

Contaminación del aire: los límites de tolerancia máxima para el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y el ozono no debe exceder de 5 a 10 partes por mil millones en volumen. La tolerancia de los límites máximos para el ácido acético y formaldehído no

Kosek nos aconseja también almacenar el papel en cajas o recintos fabricados en Madera o papel para prevenir el acceso de contaminantes aéreos externos. Los gases contaminantes (ozono, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, etc.) son absorbidos por materiales celulósicos, por lo que una envoltura de papel, cartón o madera puede funcionar de “capa de sacrificio”, para así reducir la concentración de estos gases alrededor de las obras a conservar.

Sin embargo, también debemos preocuparnos de lo que ocurre dentro de estos recintos de conservación, ya que las propias obras pueden emitir sustancias o gases dañinos al envejecer.

La madera y ciertos tipos de papel y cartón pueden alterarse a medida que envejecen, produciendo sustancias tales como peróxidos, sulfuro de hidrógeno, aldehídos y ácidos orgánicos que pueden acelerar el ritmo de deterioro del papel. La madera puede producir ácidos de resina y peróxidos que pueden producir decoloración del papel; por ejemplo, la proximidad de un panel de madera puede dar lugar a una replicación del patrón de grano de madera en la parte posterior de una impresión.

También se pueden producir migraciones de materiales a través del papel:

“Gases and liquids can migrate through paper as some water-soluble solids. It is not uncommon to see examples of salt (sodium chloride) crystals migrating through paper, papyrus or parchment.

On paper, papyrus and sheets of parchment which have been glazed, it is sometimes the case that salt crystals deposit themselves on the glazing above the object in the form of an opalescent bloom. In an extreme case they may even erupt from the surface of the object.”⁵²

Como ya se comentó anteriormente, el enemigo principal de la permanencia del papel es el ácido. Si ácidos solubles en agua están presentes en un material de almacenamiento, su migración podría ser muy perjudicial para los objetos almacenados.

debe exceder de 4 partes por mil millones en volumen y de las partículas de polvo que no exceda de 50 mg / m³ (ISO).

⁵² Ibid. P.18

Traducción: Los gases y los líquidos pueden migrar a través de papel como algunos sólidos solubles en agua. No es raro ver ejemplos de cristales de sal (cloruro de sodio) migrando a través de papel, papiro o pergamino. Sobre el papel, papiro y hojas de pergamino que se han protegido con vidrio, a veces se da el caso de que los cristales de sal se depositan en el vidrio por encima del objeto en forma de una eclosión opalescente. En casos extremos pueden incluso aparecer desde la superficie del objeto.

3.2.1.1 Conservación del papel almacenado en recintos cerrados

Los objetos fabricados de material biodegradable como el papel pueden tener una vida de varios cientos de años con la protección de cajas, envolturas, cubiertas, monturas y otra serie de recintos de almacenaje que actúan de forma efectiva como barrera y amortiguador contra los efectos nocivos del entorno, y protegen su contenido contra los riesgos de la manipulación física.

Algunos métodos contemporáneos de archivar este tipo de materiales incluyen el uso de barreras de films plásticos y contenedores, y entornos anóxicos.

Tipos de recintos de almacenaje y patrones de daños:

-Marco de cristal

Los objetos enmarcados y en exposición son más propensos a ser influenciados por los ambientes meteorológicos que los objetos guardados en armarios y prensas, debido a su proximidad directa a la estructura del edificio y a la exposición a la luz:

"In extreme cases, given certain moisture and temperature levels, a glazed frame can act in some measure like a greenhouse in cultivating microorganisms. Mould conidia (spores), which are always present in the air and on objects, become trapped inside frames. Cellulosic fungi, ie cellulosic digesters, are common soil fungi that recycle plant material by digesting it; paper artwork and mounts are their natural host for feeding and growing. Microorganisms can also be present within paper itself. For example, fungi are generally present in paper, although they may only produce staining under certain conditions such as high humidity, possibly in conjunction with the presence of transition metals, iron and copper. Damage caused by mould and fungi-induced foxing consist of hair-like hyphae that sprout through the structure and grow into cellulose fibers for food and moisture. Conidia "sacs" (conidiophores) ripen and burst, releasing new conidia that recommence the cycle, generating a mass of growth. Metabolic materials that are exuded (enzymes and acids) weaken and alter the substrate both chemically and physically, staining it with coloured metabolites."⁵³

⁵³ RAYNER, J., KOSEK, J. y BIRTHE, C. (2005) *Art on paper, mounting and housing*. Archetype Publications in association with the British Museum. P. 29-30.

Traducción: *En casos extremos, dados ciertos niveles de humedad y temperatura, un marco de cristal puede actuar de alguna forma como un invernadero en el cultivo de microorganismos. Conidios de moho (esporas), que están siempre presentes en el aire y en los objetos, pueden quedar atrapados dentro de marcos. Los hongos celulósicos, es decir, digestores celulósicos, son hongos del suelo comunes que reciclan material vegetal mediante la digestión de él; obras de arte en papel y soportes son su huésped natural para la alimentación y el crecimiento. Los microorganismos también pueden estar presentes dentro del papel en sí. Por ejemplo, los hongos están presentes generalmente en el papel, a pesar de que sólo producirán tinción bajo ciertas*

La luz admitida por el vidrio suministra energía y es un factor importante en el deterioro de la celulosa y el soporte.

El calor producido por la luz puede contribuir a que se forme condensación dentro del marco y ayuda a la actividad microbiológica.

“Other types of deposits on glass of concentric growths of mycelia, white dendritic or furry bloom, reminiscent of mildew on plants and greenhouse windows.”⁵⁴

-Montaje de tipo sándwich de plástico o vidrio y caja hermética

Los objetos que están sellados en el interior de recipientes herméticos o intercalados entre materiales relativamente impermeables están confinados dentro de una pequeña bolsa de aire, que en condiciones "normales" pueden ser relativamente estática y propensa sólo a lentos intercambios con el aire exterior a través de huecos en las juntas y a través de los poros del material envolvente.

Las cajas hechas de materiales relativamente impermeables incluyen las monturas de vidrio tipo sándwich, sándwiches de perspex (metacrilato de metilo) y bolsas selladas de poliéster o polietileno. Otros ejemplos de micro-ambientes estáticos se pueden encontrar en las cajas de almacenamiento con tapas herméticas.

“A typical problem with these mounts is the formation of deposits of sodium chloride crystals on the inside of the glass in the form of opalescent bloom, corresponding to the shape of the object. The presence of sodium chloride is indicative of objects that were discovered in archaeological burial sites. The white blemishing was found only at the inside of the polyester; the optical micrography and infrared spectra suggested that this was the result of mechanical abrasion. Elemental analysis found evidence of silicon, chlorine, potassium, sulphur, traces of sodium, chromium, iron and copper. It is probable that silica, sodium and potassium chlorides and sulphates are present due to particles in the cave environment from which the fragments were removed or from dust and/or from human contact. Traces of organic matter containing hydroxyl groups have also been detected.”⁵⁵

condiciones como alta humedad, posiblemente junto con la presencia de metales de transición, hierro y cobre. Los daños causados por el moho y el foxing inducido por hongos consisten en hifas similares a pelos que brotan a través de la estructura y crecen en fibras de celulosa para conseguir alimentación y humedad. Sacos de conidios (conidióforos) maduran y explotan, liberando nuevos conidios que recomienzan el ciclo, generando una masa de crecimiento. Los materiales metabólicos que son exudados (enzimas y ácidos) debilitan y alteran el sustrato tanto química como físicamente, manchándolo con metabolitos de colores.

⁵⁴ *Ibíd.* P.31

Traducción: Otros tipos de depósitos en cristal de crecimientos concéntricos de micelios, dendrítica blanca o floración peludo, que recuerdan al moho que se forma en las plantas y ventanas de invernaderos.

⁵⁵ *Loc. Cit.*

Traducción: Un problema típico con estos montajes es la formación de depósitos de cristales de cloruro de sodio en el interior del vidrio en forma de floración opalescente,

Aparte de la formación de depósitos, característicos olores perceptibles en la apertura de los recintos confinados son también indicativos de sustancias emitidas por objetos o materiales de almacenamiento.

-Volúmenes cerrados y papel apilado

Cuando las hojas de papel se mantienen en estrecho contacto unas con otras, presionadas dentro de tomos o apiladas, se liberan sustancias dentro de las hojas y aquellas en el entorno ambiental se transferirán por contacto de hoja en hoja a través de la mayor parte del material.

El olor ácido y dulce y el olor a humedad asociado con pilas de papel viejo y libros son el efecto de sustancias químicas liberadas a la atmósfera a partir de objetos de papel.

Los niveles de ácidos pueden ser un indicador añadido en la evaluación del nivel de degradación del papel.

El moho y el foxing pueden proliferar a través de sustratos de volúmenes, sobre todo porque la actividad microbiológica es fomentada por un ambiente ácido.

-Factores y fenómenos que provocan cambios en papel almacenado

A no ser que esté herméticamente sellado, los microambientes en recintos cerrados serán afectados por el ambiente y por las propiedades de envejecimiento del objeto y de los materiales almacenados. Una gran variedad de reacciones químicas y termodinámicas, además de otros fenómenos físicos dentro de recintos cerrados que implican el flujo de gases y líquidos, interacción con materiales con agua o migración y deposición de compuestos, traerá consigo cambios en los materiales.

-Macroambiente y factores de deterioro comunes

Un macroambiente dado impactará en el microambiente dentro de un recinto cerrado con respecto a los niveles de temperatura y humedad, así como en las fluctuaciones y tipos y niveles de contaminantes. La luz,

correspondiéndose a la forma del objeto. La presencia de cloruro de sodio es indicativo de objetos que fueron descubiertos en lugares de enterramiento arqueológicos. La mancha blanca se encontró tan sólo en el interior del poliéster; la micrografía óptica y los espectros infrarrojos sugirieron que fue el resultado de abrasión mecánica. El análisis elemental encontró evidencia de silicio, cloro, potasio, azufre, rastros de sodio, cromo, hierro y cobre. Es probable que los cloruros y sulfatos de sílice, sodio y potasio estén presentes debido a las partículas en el ambiente de la cueva de la que se retiraron los fragmentos o del polvo y/o por el contacto humano. También se han detectado rastros de materia orgánica que contiene grupos hidroxilo.

el uso, tratamientos de conservación y materiales de construcción también tendrán un impacto en el envejecimiento de los objetos:

“The decay of cellulose materials is primarily a combination of oxidation and hydrolysis processes which can operate either simultaneously or independently of each other, and which lead to the depolymerisation of cellulose chains, and increase in acid levels and increase in alkaline solubility of cellulose. Volatile compounds that are released into the atmosphere as a result of ageing of cellulose, lignin, sizing agents, fillers, inks or drawing media, produce the very characteristic smell of old papers. Research into the natural aging of cellulose suggest that even under ambient conditions the spontaneous production of weak organic acids triggered by the oxidation of carbohydrate fragments will aid an autocatalytic acid degradation of cellulose.”⁵⁶

Los mecanismos de degradación del papel incluyen la transferencia de electrones que tiene lugar durante la oxidación de los grupos de celulosa y es responsable de los fenómenos de quimioluminiscencia y luminiscencia infrarroja.

Los ambientes confinados fomentarán la actividad microbiológica. Algunos fragmentos de células de hongos pueden separarse y ser transportados por el aire. La creación de carcasas para papel es casi imposible debido a la alta resistencia y adaptabilidad del moho a ambientes extremos, aunque el control de los niveles de temperatura y humedad en los macroambientes o la reducción substancial de los niveles de oxígeno y temperatura ayudarán a que el moho continúe inactivo.

-Estabilidad y durabilidad de los materiales

Los distintos materiales presentan diferentes niveles de reactividad química. Los tableros de algodón y algunos papeles parecen ser afectados por factores de degradación a una velocidad mucho menor que materiales tales como papeles de pulpa de madera que pueden contener ácidos orgánicos débiles o cola de colofonia de alumbre ácida. En condiciones normales, los plásticos estables tienen una esperanza de vida larga y no deberían emitir sustancias volátiles.

⁵⁶ RAYNER, J., KOSEK, J. y BIRTHE, C. (2005) *Art on paper, mounting and housing*. Archetype Publications in association with the British Museum. P. 33. Traducción: *La descomposición de materiales de celulosa es principalmente una combinación de procesos de oxidación y de hidrólisis que pueden ocurrir de forma simultánea o independientemente uno de otro, y que conducen a la despolimerización de cadenas de celulosa, y al aumento de los niveles de ácido y solubilidad alcalina de la celulosa. Los compuestos volátiles que se liberan a la atmósfera como resultado del envejecimiento de la celulosa, lignina, agentes de encolado, cargas, tintas o medios de dibujo, producen ese olor tan característico de los papeles viejos. La investigación sobre el envejecimiento natural de celulosa sugiere que, incluso en condiciones ambientales la producción espontánea de ácidos orgánicos débiles provocados por la oxidación de los fragmentos de hidratos de carbono ayudará a una degradación ácida autocatalítica de la celulosa*

“Certain apparently durable materials such as polyester and glass may be affected when used to store paper objects.”⁵⁷

-Transporte (flujo) de aire a través de materiales

El aire, con vapor de agua y gases contaminantes, rellena todo el espacio disponible y se infiltra en los poros de los objetos. Cada gas constituyente ejerce su propia presión parcial, que es proporcional a la fracción del volumen total que ocupa. Una concentración desigual de un gas entre dos puntos creará una presión diferencial parcial que aparecerá para forzar el gas a fluir desde altas a bajas concentraciones. El gas se difundirá por todo el material encerrado hasta que se encuentre un equilibrio. La velocidad de difusión o transmisión se verá influenciada por la temperatura y dependerá de lo siguiente: la presión diferencial parcial, la porosidad del material (diámetro de poro y longitud de la trayectoria), y de la permeabilidad del material en cuestión para ese gas particular.

La permeabilidad de los materiales es expresada como la velocidad a la que un gas o líquido de viscosidad específica, y bajo una presión específica, pasa a través de una muestra de material de una sección transversal y espesor determinados:

“Impermeable non-absorbent materials such as glass and barrier films (eg Escal) will offer good protection from outdoor pollutants, but will also entrap water vapour and pollutants inside enclosures.

Since glass or plastic sheets normally have a small static charge, substances which happen to be in an ionized state – such as, for example, minute sodium chloride crystals on the surface of paper or papyri- may be attracted by this charge and subsequently may deposit on the glass or plastic. Mould and mildew will grow on glass and plastic, feeding on trace elements, common salts and minute deposits of deterioration products from the object and mount.”⁵⁸

⁵⁷ RAYNER, J., KOSEK, J. y BIRTHE, C. (2005) *Art on paper, mounting and housing*. Archetype Publications in association with the British Museum. P. 33. Traducción: *Ciertos materiales aparentemente duraderos, tales como el poliéster y el vidrio pueden verse afectados cuando se utiliza para almacenar objetos de papel.*

⁵⁸ *Ibíd.* P.34-35.

Traducción: *Materiales impermeables no absorbentes tales como vidrio y películas de barrera (por ejemplo Escal) ofrecerán una buena protección frente a los contaminantes exteriores, pero también atraparán el vapor de agua y los contaminantes en el interior de los recintos.*

Ya que el vidrio o las hojas de plástico normalmente tienen una pequeña carga estática, las sustancias que están en un estado ionizado - como, por ejemplo, los cristales de cloruro de sodio en la superficie de papel o papiro - pueden ser atraídos por esta carga y, posteriormente, pueden depositarse en el cristal o de plástico. El moho crecerá sobre vidrio y plástico, se alimentándose de los oligoelementos, sales comunes y depósitos de productos de deterioro de los objetos y montajes.

Es importante por lo tanto controlar el crecimiento de moho para evitar males mayores.

3.3 Demanda de productos de papel en el futuro

El desarrollo y declive de cualquier industria depende de los recursos disponibles y de la facilidad por conseguirlos. La demanda de ciertos productos es un recurso importante para determinar las posibilidades de supervivencia de una población industrial.

Como ha sido ampliamente documentado en estudios históricos, antes de 1990, el consumo de papel creció casi en correlación lineal con el crecimiento del PIB.

La lógica en este patrón de crecimiento es que llegados a un cierto punto, el aumento de la prosperidad económica cataliza nuevos usos para el papel.

En *“The evolution of Global Paper Industry 1800-2050”* se realizan una serie de pronósticos relacionadas con el consumo de papel proveniente de fibras naturales. Con respecto a 2020 se dice lo siguiente:

*“With regard to paper production and consumption:
1. Starting point for forecasting paper consumption regionally is the continuing division of the world: Africa lags behind the development taking place in other regions.
Markets in Asia, and in China in particular, grow considerably.
Paper production grows in South America; paper consumption does not, however, necessarily grow largely.
The relative position of North America continues to deteriorate.
The development in Western Europe may be more positive in comparison to North America.”⁵⁹*

El pronóstico para 2050 es el que cito a continuación:

*“Ten general level conclusions, including the following:
1. Global forest cover will be stabilized.*

⁵⁹ LAMBERG, Juha-Anti; OJALA, Jari; PELTONIEMI, Mirva; SÄRKKÄ, Timo. (2012) *The evolution of Global Paper Industry 1800-2050. A comparative Analysis*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer. P. 311.

Traducción:

Con respecto a la producción y el consumo de papel:

1. El punto de partida para el pronóstico de consumo de papel a nivel regional es la continua división del mundo:

África se queda atrás y el desarrollo se realiza en otras regiones.

Los mercados en Asia y en China en particular, crecen considerablemente.

La producción de papel crece en América del Sur; sin embargo, el consumo de papel no crece necesariamente.

La posición relativa de América del Norte continúa deteriorándose.

El desarrollo en Europa Occidental puede ser más positivo en comparación con América del Norte.

2. The demand for most forest products will have increased but will be balanced by increases in the supply of all major wood products, as well as technological advances.
3. Water will be the world's most strategic resource and one of the most controversial issues”
4. Plantations will be the predominant source of fibre for the forest industry and will have a role in recreation”⁶⁰

Básicamente, se dice que la demanda de productos forestales crecerá, pero se verá equilibrada por el aumento de la oferta y por el desarrollo tecnológico, además de por un uso concienciado de los recursos. El crecimiento económico será desigual dependiendo de la región, pero se intentará realizar un cambio hacia la mejora medioambiental y la conservación de los recursos forestales.

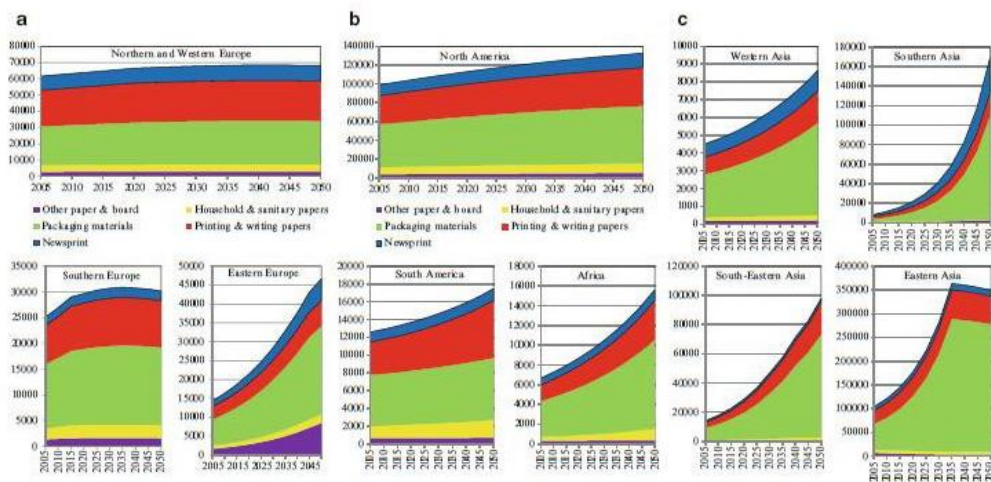


Imagen 22: Pronóstico de demanda de productos de papel y Madera en (a) Europa, (b) América y África y (c) Asia, de 2005 a 2050.

⁶⁰ *Ibíd.* P.310.

Traducción:

Diez conclusiones a nivel general, incluyendo las siguientes:

1. La cobertura forestal mundial se estabilizará.
2. La demanda de la mayoría de los productos forestales se ha incrementado, pero se equilibrará por el aumento en la oferta de los principales productos de la madera, así como por los avances tecnológicos.
3. El agua será el recurso más estratégico del mundo y una de las cuestiones más controvertidas.
4. Las plantaciones serán la principal fuente de fibra para la industria forestal y tendrá un papel en el ocio.

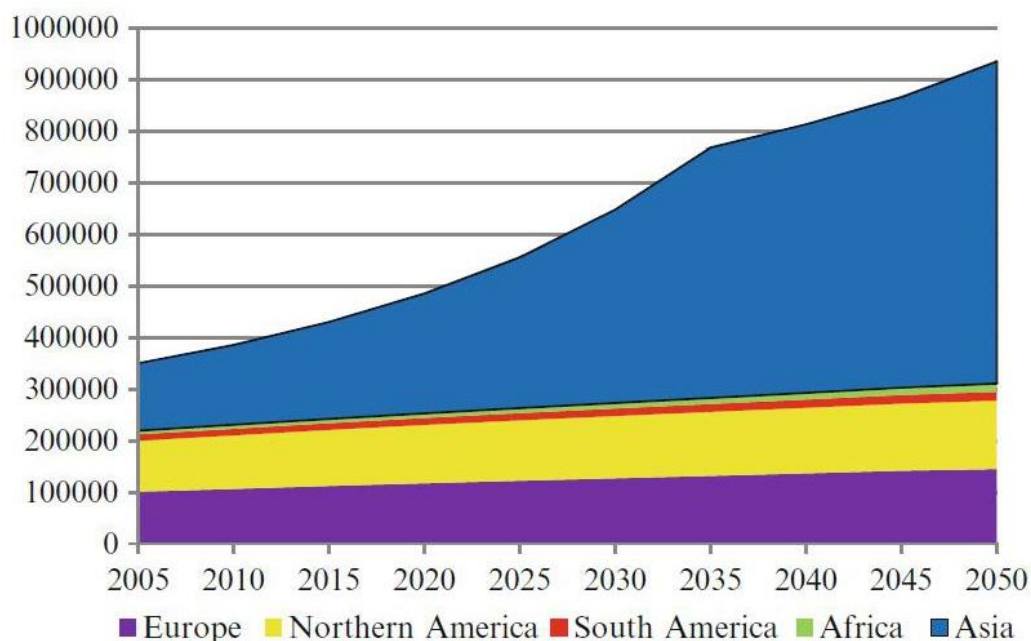


Imagen 23: Demanda total de productos de papel y madera en las diferentes regiones 2005-2050.

Hacer un pronóstico del futuro es siempre arriesgado ya que es muy difícil deducir de forma lógica determinados patrones de comportamiento de consumidores, al igual que sucesos inesperados. Según las predicciones realizadas por Lamberg y cía., hay una serie de tendencias en el consumo de papel: la demanda de papel y productos de higiene a partir del papel crecerá en relación al papel de impresión; los patrones más altos de crecimiento se darán en ciertas zonas de África, América del Sur, Europa del este y Asia, mientras que América del norte y Europa occidental tendrán los patrones de crecimiento más bajos; debido a la estabilización del crecimiento de la población china, puede ocurrir que los patrones de consumo de productos papeleros caigan de forma notable.

La población localizada en centros urbanos demandará principalmente productos de material impreso tales como periódicos, libros, etc., mientras que la población rural requerirá productos más primarios. También puede ocurrir que la tecnología avance rápidamente y los medios online pasen a ser el medio principal de transmisión de noticias, por lo que la demanda de papel para prensa, revistas etc. se vería perjudicada.

Estratégicamente hablando, el mercado se centrará en los productos de cartón e higiene, y en la creciente demanda de los países en vías de desarrollo.

Sin embargo, a pesar de todos estos pronósticos, hay un apunte interesante:

"(...) even if the demand for printing papers stabilizes, there seems to a global market for new types of

paperboard and hygiene products. The 'novelty' may mean entirely new products that fit consumption habits, especially in Africa, or technological change in what types of raw materials are used. Even if eucalyptus and other fast growing fiber material replace the traditional raw materials of the northern hemisphere, these are still merely incremental advances on the old dominant design. Some dramatically new type of papermaking technology would revolutionize the entire market dynamics if it were based on some other types of raw materials."⁶¹

Por lo tanto, según lo que dicen Lamberg y cía., una nueva tecnología de fabricación de papel podría revolucionar toda la dinámica del mercado, especialmente si está basada en otra materia prima. Con esto quiero decir que el papel sintético podría liderar esta nueva revolución papelera y cambiar todos los pronósticos.

⁶¹ *Ibíd.* P. 335-336.

Traducción: *En segundo lugar, aun cuando la demanda de papeles de impresión se estabilice, parece que hay un mercado mundial para nuevos tipos de cartón y productos de higiene. La "novedad" puede significar completamente nuevos productos que, en lo que se ajustan a hábitos de consumo, especialmente en África, o el cambio tecnológico en cuanto a tipos o materias primas utilizadas. Incluso si el eucalipto u otros materiales con fibra de rápido crecimiento sustituyen a las materias primas tradicionales del hemisferio norte, éstos siguen siendo avances meramente incrementales en el antiguo diseño dominante. Alguna nueva tecnología de fabricación de papel revolucionaría toda la dinámica del mercado si se basa en algún otro tipo de materia prima.*

4. EL PAPEL SINTÉTICO

4.1 Introducción

El papel sintético, desde su temprano desarrollo y evolución histórica, ha sido generalmente fabricado en resina de síntesis derivada del petróleo como su materia prima. Naturalmente, esto le ha dado características similares a las de una película de plástico, pero su apariencia es notablemente similar a la de papel normal fabricado a partir de pulpa de madera. Además, muchos papeles sintéticos tienen propiedades similares a las del papel normal.

Aunque no existe una definición precisa de papel sintético, en general se entiende que es un producto fabricado en resina sintética derivada del petróleo como materia prima, que mientras mantiene las características del material, ofrece varias cualidades similares a la de papel fabricado principalmente de pasta de madera, como su aspecto blanco y opaco, así como sus capacidades de impresión y procesamiento.

Sin embargo, en los últimos años han surgido papeles sintéticos que superan la definición anterior. Por ejemplo, los productos que combinan papel normal y película de plástico se conocen como papel sintético dentro de la industria de la impresión, y la definición de papel sintético se ha vuelto extremadamente imprecisa. Como resultado, es más común referirse directamente a los nombres de productos individuales en lugar de utilizar el término papel sintético para todo.

4.2 Aproximación a la historia

El crecimiento económico de Japón condujo a un rápido aumento de la demanda de papel. La inquietud acerca de la disponibilidad futura de los recursos de pulpa junto con el optimismo con respecto al futuro de la industria petroquímica llevó a la publicación en mayo de 1968 de las recomendaciones relativas al fomento de la industria del papel sintético por el Consejo de Recursos de la entonces Agencia de Ciencia y Tecnología de Japón⁶². Este trabajo dio lugar a un auge importante del

⁶² La Agencia de Ciencia y Tecnología de Japón (JST) es una organización de ciencia y tecnología integrada en el país, que establece la estructura para el proceso completo desde la creación de conocimiento hasta su retorno a la sociedad. La Agencia de Ciencia y Tecnología de Japón es una de las instituciones japonesas centrales responsables de la aplicación de la política de ciencia y tecnología en Japón, incluyendo el plan básico de ciencia y tecnología del gobierno. Desde la creación de conocimiento (la fuente de la innovación) para asegurar que los frutos de la investigación sean compartidos con la sociedad y los ciudadanos japoneses, la JST emprende su misión de una manera global. La JST también trabaja para proporcionar una infraestructura sólida de información científica tecnológica y aumentar la conciencia y la

papel sintético entre empresas relacionadas. Varias decenas de empresas dedicaron recursos a la investigación y el desarrollo, diseñando una gran variedad de métodos de producción. Como resultado de estos esfuerzos, seis empresas comenzaron la producción comercial de la película de papel sintético.

Sin embargo, los primeros papeles sintéticos tenían deficiencias en sus capacidades de impresión y procesamiento. Con el papel sintético aun siendo probado para varias aplicaciones y sin tener un lugar importante en el mercado, las dos crisis del petróleo de 1973 y 1979 cambiaron de inmediato las condiciones del mercado. El costo de los productos petrolíferos y petroquímicos aumentó considerablemente y la demanda de papel no creció debido al estancamiento económico. Fue un duro golpe al papel sintético y muchas empresas se retiraron del mercado.

Habiendo sobrevivido a cambios tan dramáticos, el mercado de papel sintético se desarrolló gracias a que algunos fabricantes de Japón y del mundo se centraron en el desarrollo de nichos de mercado para papel sintético de mayor demanda y cualidades únicas. Un papel sintético de propiedades similares a las del papel tradicional y con una película de resina, maduró como un producto con múltiples aplicaciones y llegó a ser conocido como un material que podría asumir algunas de las funciones del papel de alta calidad. En los últimos años también se ha utilizado para aplicaciones que no implican la impresión. Con la llegada de nuevos fabricantes al mercado, se espera un mayor desarrollo del papel sintético.

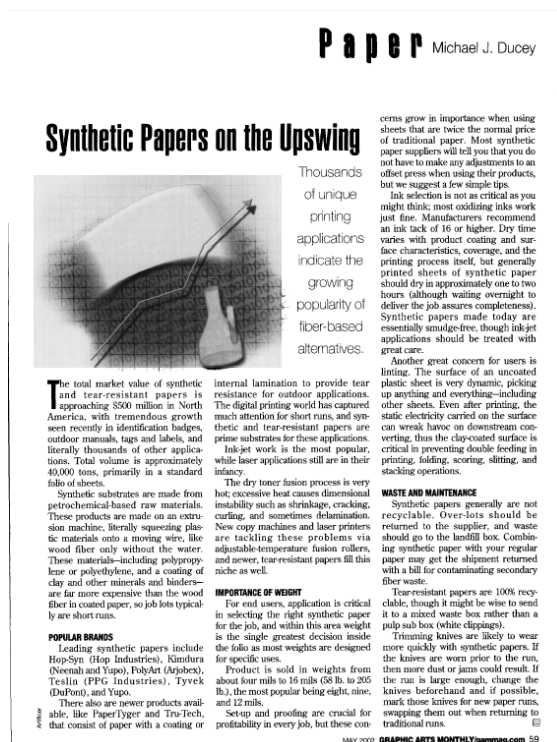


Imagen 24: Artículos sobre papel sintético en prensa.

The Truth About Synthetic Paper

by MIKE LICATA

Mike Licata, manager of technical service and application development at Yupo Corp., discusses some of the applications that are appropriate for synthetic paper and offers some tips and techniques on how to properly set up an offset press for printing on synthetic paper.

Rapid change is a fact of life in the graphic communications industry. In many ways, it reflects the technological revolution that is enveloping the world. Changes that embrace new tools, techniques and materials are recognized for their efficiency and set the stage for long-term success.

Because in-plant printers are increasingly searching for changes that will enhance efficiency, they have turned to new communication technologies and media. These changes have led many to speculate on the demise of good, old-fashioned paper. But, before paper is written off for dead, though many, including this author, see the market for paper holding strong. Business cards, brochures, manuals, reports and marketing collateral are a just a few jobs that, when printed on synthetic paper, have a significantly longer life span. Unlike traditional paper, synthetic paper is resistant to water and tearing, is exceptionally smooth and has an unequalled whiteness.

In the pressroom
In-plant managers should be aware that a change to synthetic paper for a specific job does not require a change of equipment. Offset printing equipment is a prime example. Synthetic paper can be used on every type of

Cold stock, in combination with a dry environment, can cause static to develop, which will make it difficult for the paper to run efficiently through the press.

Dampening Solution — The single most important factor to printing successfully on non-absorbent substrates, such as synthetic paper, is control of the dampening solution on press. If excess water remains on the plate surface, it may interfere with ink transfer and result in over-unsaturation of the ink.

Setting each unit just above the scan line is the best method to prevent dampening-related problems.

Ink — Lab-grade printing on synthetic paper should utilize inks, coatings and varnishes specifically formulated for the substrate. Inks formulated for synthetic paper are highly pigmented and contain low solids. UV inks can also be used on synthetic paper, with an appropriate water-based or UV primer. Aqueous and UV coatings can enhance the overall print quality, while also adding extra protection to the printed image.

Since synthetic paper is non-absorbent, moisture is not taken up by the paper. This means that the paper's moisture content will remain constant, regardless of the environment. This is important for the pressroom, where humidity can vary significantly. Synthetic paper's moisture content should be maintained at 50 percent relative humidity. It is recommended that the pressroom be kept at 50 percent relative humidity.



Synthetic paper can be used to enhance the longevity of a variety of printed pieces, including business cards, brochures, manuals, reports and marketing collateral.

Test Your Synthetic Paper IQ

The synthetic paper market is growing rapidly, and it is important for printers to understand the differences between synthetic and traditional paper. This article provides a comprehensive guide to help you make the most of your synthetic paper. It covers topics such as material selection, printing techniques, and environmental considerations. The goal is to ensure that you are getting the most out of your investment in synthetic paper.

PAPER

AD INDEX

Continued from page 46

- 8. Synthetic paper limits the creative possibilities of printers
FALSE — Synthetic paper actually expands the creative possibilities of projects. Its unique physical characteristics, which include water-resistance, tear-resistance and superior pliability, enable creative concepts to be fully realized. While different considerations do need to be taken into account, polypropylene, synthetic paper accepts a range of ornamental finishing applications without significant deviation from typical production methods.
- 7. Coated, traditional paper and synthetic paper are comparably smooth
FALSE — Because of the production methods of polypropylene, synthetic paper, it is inherently smoother than traditional paper. And, while it is nice that a sheet feels smooth upon touch, smoothness is, more importantly, essential for achieving maximum print contrast and effective runnability. The smoother the surface, the cleaner the transfer between ink and paper, which results in crisper, clearer images. If the paper is rough or exhibits uneven formation, the ink will dry unevenly, making the image mottled or spotty.

paper, its inherent premium characteristics — superior opacity and whiteness, and resistance to chemicals and scuffing — increase the longevity of the printed piece and convey an image of quality.

Mike Licata is manager of technical service and application development for YUPO Corp. and is a graduate of the School of Printing Management and Sciences at Rochester Institute of Technology. He can be reached at 757-312-8876.

POSTPRESS

Continued from page 57

even amount of glue and good penetration are necessary to keep the cover attached to the body and to create a strong book. At this point, a side glue is added in order to attach the first and last sheet to the cover. This process also hides unsightly glue lines.

The final stage of this process involves adding the covers to the prepared book block. Covers are scored with a backbone score and a hinge score, which creates a nine-square backbone. The wraparound covers are now added to the body of the book. After about two minutes

of cooling, the bound book is ready for final trimming. From the 8 1/4 x 11-inch untrimmed book, 1/4 inch is trimmed from the head, foot and spine. The finished book is now 8 1/4 x 10 1/4 inches, and the perfect-binding process is complete.

Scott E. McFarland has more than 19 years of experience in trade binding and has been a sales representative for Booklet Binding Inc. in Broadview, IL, for the past eight years. He can be reached at 708-345-0110.

A.B. Dick	5-7
Circle Reader Service No. 165	
Action Printing	21-22
Circle Reader Service No. 167	
Archer Management	23
Circle Reader Service No. 168	
Baum USA	55
Circle Reader Service No. 118	
Brother International	Cover 3
Circle Reader Service No. 119	
Certes One Corp.	36
Circle Reader Service No. 116	
The Challenge Machinery Co.	57
Circle Reader Service No. 117	
Champion International	27
Circle Reader Service No. 169	
Colomant	3
Circle Reader Service No. 102	
Dick Moll & Sons	57
Circle Reader Service No. 118	
Duplo USA Corp.	Cover 2
Circle Reader Service No. 101	
Fraser Paper	9-12
Circle Reader Service No. 108	
GraphicLine	37
Circle Reader Service No. 113	
Gutenberg	65
Heidelberg USA	5
Circle Reader Service No. 104	
INTERQUEST	19
Circle Reader Service No. 120	
LabelLink Corp.	36
Circle Reader Service No. 112	
Oa Demand	45
Printimage	51-52
Circle Reader Service No. 115	
Print Image International	47
Safety-Kleen Corp.	40, 41, 42, 43
Circle Reader Service No. 114	
Sakurai USA	Cover 4
Circle Reader Service No. 129	
Van Son Holland Ink Corp.	3
Circle Reader Service No. 103	
Xerox Corp.	15, 31, 32, 33
Circle Reader Service No. 131, 110	

Imágenes 25, 26 y 27: Artículos sobre papel sintético en prensa.

4.3 Tipos de papeles sintéticos

Los papeles sintéticos a base de resina se dividen generalmente en función de su método de fabricación en dos grandes categorías: película de papel sintético y papel de fibra sintética. Actualmente se utiliza más comúnmente la película de papel sintético. Se han ideado varios métodos diferentes para producir un papel similar en apariencia al papel normal.

4.3.1 Película de papel sintético

Método interno de fabricación de papel:

El material de relleno y los aditivos se añaden a la resina sintética, y después de la fusión y amasado en un extrusor, se forma una película por extrusión del material a través de una hendidura en troquel. Con este método, la resina fundida es empujada a través del troquel, pudiendo ser tratada de dos maneras:

En el método de la película no orientada, la resina de salida es endurecida por enfriamiento y preparada para su comercialización. En el método de la película orientada biaxial, la resina fundida se enfría temporalmente, y a continuación, se añade calor para volver a ablandarla. Entonces se estira en las direcciones longitudinal y transversal, formando una película. Como parte del proceso biaxial de orientación de la película, durante el estiramiento, pequeños orificios (micro-huecos) pueden ser generados, produciendo dos tipos diferentes de productos.

Método de recubrimiento de la superficie:

Al igual que con papel revestido ordinario, mediante la adición de una capa de revestimiento pigmentado a una película de plástico. Este método puede añadir propiedades tales como blancura, opacidad, y la idoneidad de impresión y escritura para el producto.

Método de tratamiento de superficies:

Tratando química o físicamente la superficie de la película de resina sintética se pueden añadir cualidades tales como idoneidad para la escritura y la impresión o la opacidad.

4.3.2 Papel sintético de fibras

Papel de pulpa sintética:

En este caso, se sustituye la pulpa con fibras de resina compuestas principalmente de resina sintética. Es un papel sintético fabricado con una máquina de papel ordinario con aglutinante añadido.

Papel Spunbond:

En este método, la resina sintética se disuelve y se inyecta a través de una boquilla, que forma al azar fibras fabricadas de un modo similar a los tejidos sintéticos. Las fibras se fusionan térmicamente en algunas áreas, creando la unión entre fibras. La blancura y la opacidad del papel se logran a través de las propiedades de dispersión de luz de las fibras mismas, y de la reflexión irregular causada por las lagunas que se forman entre las fibras durante su producción. Este tipo de papel se

caracteriza por su fuerza superior, pero no es tan suave y no resulta idóneo para escribir o imprimir.

Este tipo de papel se coloca generalmente en la categoría de "telas sin tejer", pero dependiendo del producto puede ser aceptado como un papel sintético en el mercado.

4.3.3 Película laminada de papel sintético

Mediante laminación de la película sobre la superficie de papel convencional, este método añade al papel resistencia mecánica y resistencia al agua. Con la inclusión de pequeños orificios (micro-huecos) en la película, el papel se puede fabricar para que sea tan apto para la impresión como el papel convencional. Dado que la capa interior es de papel, su resistencia al agua y la fuerza es inferior a la de la película de papel sintético.

4.4 Fabricación

El papel de la marca YUPO® es un papel sintético compuesto principalmente de películas de polipropileno a las que se le añaden cargas minerales y pequeñas cantidades de aditivos. En principio, la película se forma mientras se crean micro-huecos mediante un estiramiento biaxial. Su característica más distintiva es su construcción a base de múltiples capas, que consiste en una capa de base y capas similares al papel laminadas a ambos lados, cuyo espesor puede ser ajustado para proporcionar productos que van de fino a grueso. Este proceso de fabricación se muestra en el diagrama de flujo en (ver Foto 1). El proceso específico de fabricación YUPO® es una tecnología patentada única de esta empresa, y se han establecido numerosas patentes para ello en Japón, Europa y los EE.UU., así como para su composición.

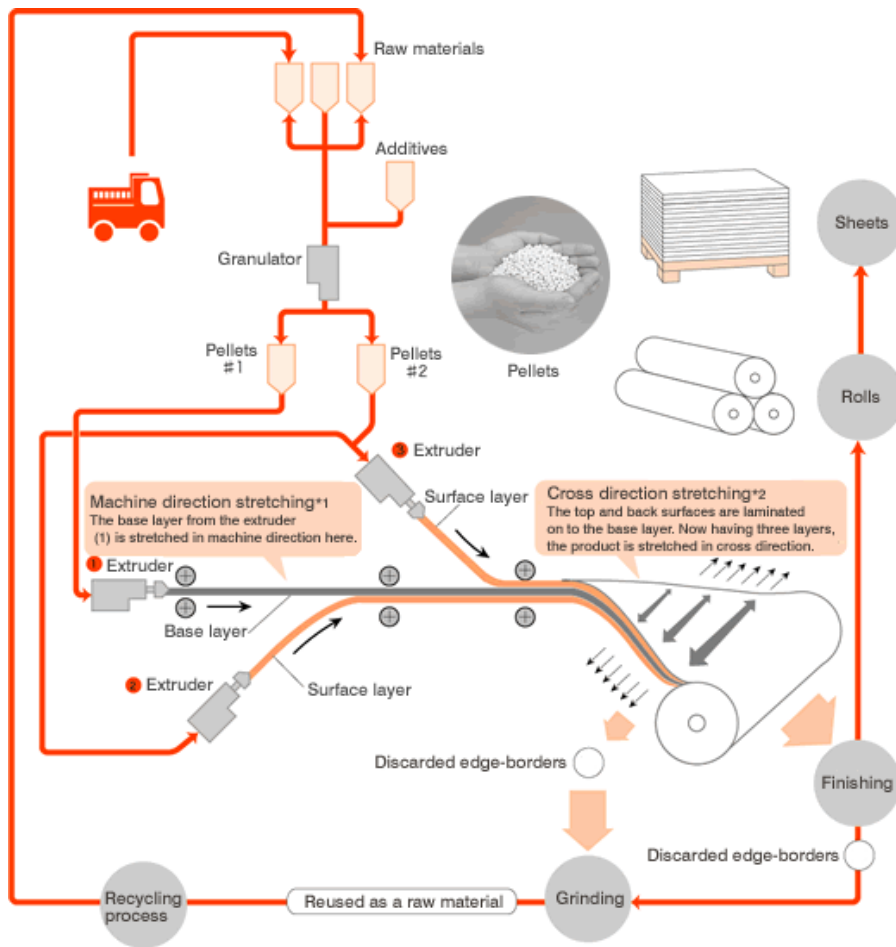


Imagen 28: Proceso de fabricación YUPO⁶³

4.5 Estructura

La capa de base del papel sintético es estirada biaxialmente⁶⁴, lo que le proporciona principalmente resistencia y rigidez, mientras que las capas superficiales similares al papel que conforman la parte superior y la parte inferior del papel es estirada sólo horizontalmente. En concreto, el proceso de estiramiento crea muchos microporos que dispersan la luz, proporcionando un alto nivel de blancura y opacidad. El proceso de fabricación del papel sintético también da una calidad similar al papel normal que es buena tanto para la impresión como para la escritura. Además, los numerosos microporos reducen la densidad relativa, lo que contribuye a su ligero peso.

Aunque la capa base está biaxialmente alineada, este papel sintético

63

* 1. Estiramiento vertical: Estirándose en la dirección de procesamiento (dirección de la máquina)

* 2. Estiramiento horizontal: Estirándose en ángulos rectos a la dirección de procesamiento (dirección transversal)

⁶⁴ Con dos ejes distintos.

tiene direccionalidad porque las capas de material similar al papel en la parte superior e inferior están alineadas sólo horizontalmente. La foto 2 muestra la composición de del papel sintético YUPO®, mientras que la foto 3 muestra fotografías de microscopio electrónico y las imágenes 3D de la superficie y sección transversal de este papel.

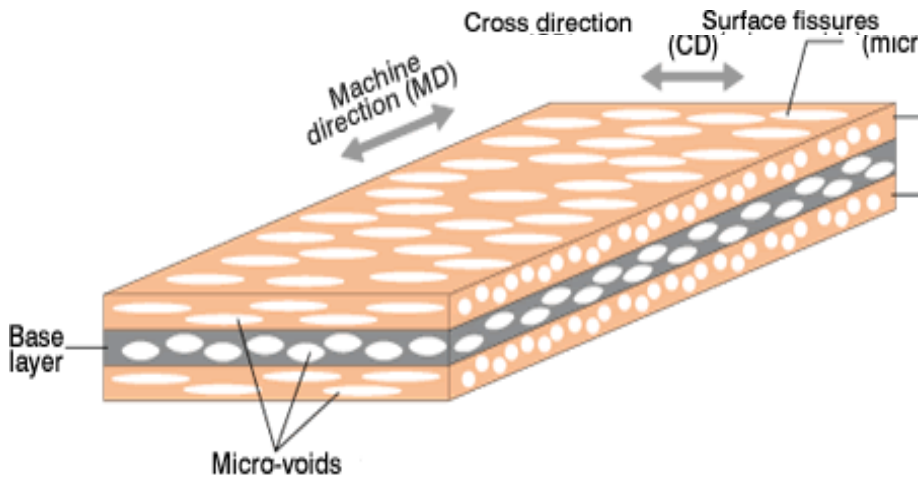


Imagen 29: Estructura de la película de papel sintético.

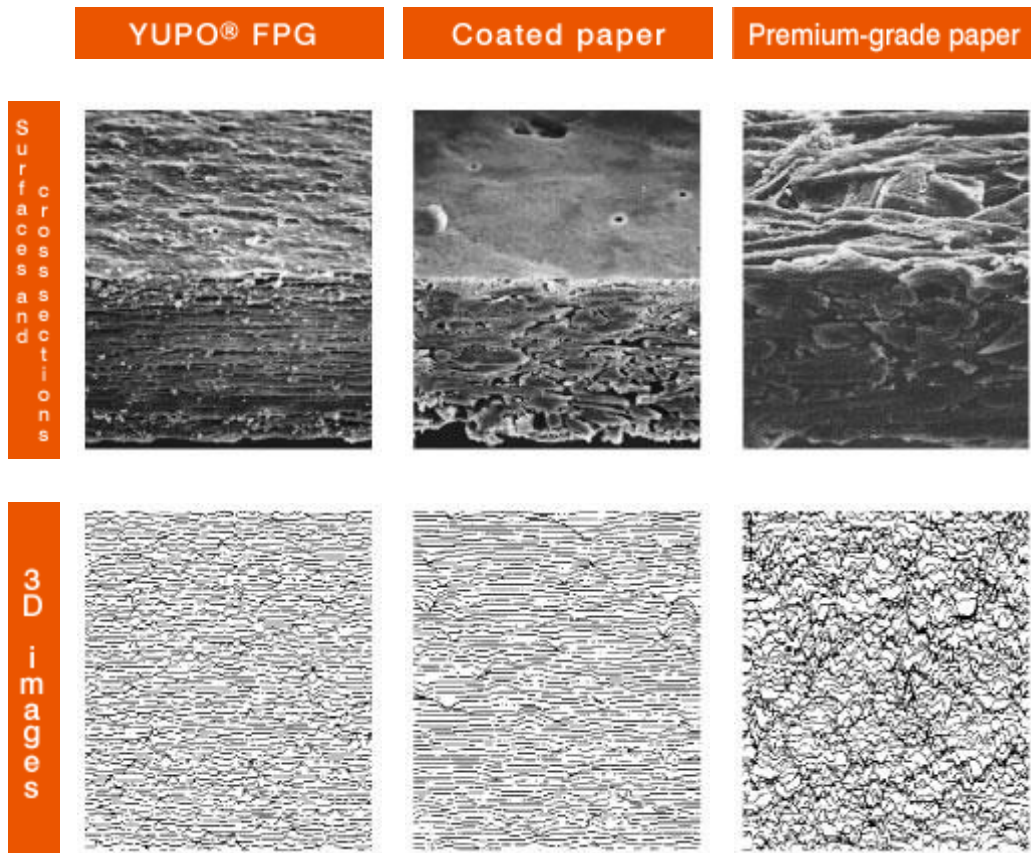
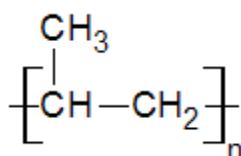


Imagen 30: Fotografías de microscopio electrónico e imágenes 3D.

4.6 Información acerca del polipropileno⁶⁵

El polipropileno es un termoplástico semicristalino, que se produce polimerizando propileno en presencia de un catalizador estereo específico. El polipropileno tiene múltiples aplicaciones, por lo que es considerado como uno de los productos termoplásticos de mayor desarrollo en el futuro. Es un producto inerte, totalmente reciclable, su incineración no tiene ningún efecto contaminante, y su tecnología de producción es la de menor impacto ambiental. Esta es una característica atractiva frente a materiales alternativos.



La polimerización catalítica del propileno fue descubierta por el italiano Giulio Natta en 1954 y marcó un notable hito tanto por su interés científico, como por sus importantes aplicaciones en el ámbito industrial. Empleando catalizadores selectivos, se obtuvo un polímero cristalino formado por la alineación ordenada de moléculas de propileno monómero. Los altos rendimientos de reacción permitieron su rápida explotación comercial. Aunque el polipropileno fue dado a conocer a través de patentes y publicaciones en 1954, su desarrollo comercial comenzó en 1957 y fue debido a la empresa italiana Montecatini. Pocos años más tarde, otras empresas, entre ellas I.C.I. y Shell fabricaban también dicha poliolefina.

Este descubrimiento impulsó la investigación de los sistemas catalíticos estereoespecíficos para la polimerización de olefinas y le otorgó a Natta, junto al alemán Karl Ziegler, el premio Nobel de química en 1963. Hoy en día el polipropileno es uno de los termoplásticos más vendidos en el mundo, con una demanda anual estimada de 40 millones de toneladas. Sus incrementos anuales de consumo han sido próximos al 10% durante las últimas décadas, confirmando su grado de aceptación en los mercados.

La buena acogida que ha tenido ha estado directamente relacionada con su versatilidad, sus buenas propiedades físicas y la competitividad económica de sus procesos de producción. Varios puntos fuertes lo confirman como material idóneo para muchas aplicaciones:

- Baja densidad
- Alta dureza y resistente a la abrasión

⁶⁵ Esta sección está basada en la información disponible en: TEXTOS CIENTÍFICOS *Polipropileno* 2018 Consultado el 13/10/2016] Disponible en: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/polipropileno>

- Alta rigidez
- Buena resistencia al calor
- Excelente resistencia química
- Excelente versatilidad

Por la excelente relación entre sus prestaciones y su precio, el polipropileno ha sustituido gradualmente a materiales como el vidrio, los metales o la madera, así como polímeros de amplio uso general (ABS y PVC).

Las principales compañías petroleras del mundo producen polipropileno, bien sea por participación directa, o por medio de filiales. En el transcurso de los últimos años el volumen de negocio del polipropileno ha ido creciendo de manera significativa.

4.6.1 Aplicaciones del polipropileno

A partir de los procesos industriales se pueden preparar un sin fin de productos de polipropileno diferentes según los tipos o grados de polipropileno utilizados. Por ello, la gran diversidad de productos producidos le permite tener aplicaciones tan variadas como:

- Autopartes
- Baldes, recipientes, botellas
- Muebles
- Juguetes
- Películas para envases de alimentos
- Fibras y filamentos
- Bolsas y bolsones
- Fondo de alfombras
- Pañales, toallas higiénicas, ropa
- Envases de pared delgada
- Papel sintético

4.7 Características del papel sintético

Las características más destacadas del papel sintético son:

- Soporta repetidas exposiciones al agua. Incluso si el papel sintético se moja, no hay prácticamente ninguna reducción en su fuerza o deformación, por lo que es excelente contra la exposición al agua

-Resistencia al desgarro

Debido a que la materia prima es el polipropileno, este papel sintético es resistente al estiramiento, los plegados, y otros tipos de tensión. Debido a su resistencia a la rotura, se obtienen fuertes bolsas de la compra que se pueden utilizar una y otra vez, superando considerablemente el nivel de papel.

-Superficie suave y lisa

El papel sintético es bueno para el acabado con una capa de laminado. Incluso se puede utilizar para cojines de ratón porque la superficie mantiene una suavidad uniforme.

-Resistencia a aceites y químicos

Dado que prácticamente no hay deterioro en la calidad del papel sintético cuando está expuesto a productos químicos, incluyendo ácido, álcalis, disolventes orgánicos y aceites, éste puede ser utilizado para las etiquetas de los tambores de aceite.

-Protege el medio ambiente

Debido a que las materias primas de este papel sintético son carbono e hidrógeno, no emite gas de cloro tóxico cuando se enciende. Además, es reutilizable.

4.7.1 Peligrosidad del material ⁶⁶

Seguridad alimentaria

1. Los papeles sintéticos YUPO® y ALPHAYUPO® grado QJJ cumplen con los envases y embalajes para alimentos (alcohol, grasas y otros alimentos en general), con exclusión de los alimentos ácidos con un pH 5 y por debajo, como se describe en el Ministerio de Salud y Bienestar Social Japonés N ° 370 (1959).

Precaución: La seguridad de las aplicaciones de los alimentos no ha sido verificada para los productos elaborados YUPO® o ALPHAYUPO®, para evitar usos en los que entran en contacto directo con los alimentos.

2. Sin embargo, el proceso de fabricación que se utiliza no se ajusta a las normas de seguridad alimentaria especificadas en la ley japonesa de seguridad alimentaria HACCP, por lo que cuando se utiliza YUPO® para envases de alimentos y envases, poner en práctica las medidas de seguridad en las etapas de impresión y procesamiento.

*"Contenedores y embalaje" se refiere a artículos que contienen alimentos o se usan para envolver alimentos, en los cuales los alimentos se transfieren al recipiente o el envase como en (artículo 4-5 de la ley japonesa inocuidad de los alimentos).

⁶⁶ Esta sección está basada en la información disponible en:
YUPO CORPORATION 2016 [Consultado el 13/10/2016] Disponible en:
<https://japan.yupo.com>

Olor

1. El papel sintético prácticamente carece de olor.
2. Los papeles sintéticos que han sido sometidos a una impresión offset a base de aceite usando tinta tienen un olor acre, que es el olor de la tinta.
3. Para aplicaciones en las que el olor se podría convertir en un problema, laminar la superficie de impresión con PP o PET.

Sabor

1. Los papeles sintéticos YUPO® y ALPHAYUPO® pueden tener un sabor amargo al ser lamido en función de la persona. Esta amargura corresponde a los agentes utilizados en el tratamiento de la superficie de YUPO®, pero como se mencionó anteriormente, es seguro para el cuerpo humano.
2. Para evitar los efectos del sabor amargo en el envasado de alimentos, etc., se recomienda laminar el papel sintético YUPO® con una película.

Se hace notar que el papel sintético no es un alimento, por lo que no se debe comer o llevar a la boca bajo ninguna circunstancia.

4.8 Impacto medioambiental⁶⁷

Los papeles sintéticos YUPO® y ALPHAYUPO® no utilizan sustancias tóxicas o sustancias que perjudican el medio ambiente, tales como metales pesados, amianto, CFC, halones, PCB, PCT, PBB, fenoles, formaldehído, retardantes de llama de bromo o plastificantes (ftalatos), en el proceso de fabricación. Además, no se utilizan las siguientes sustancias, que están prohibidas en la fabricación y la importación por la ley japonesa.

Ley de control de sustancias químicas (Clase 1 sustancias químicas específicas), Ley de Salud y Seguridad Ocupacional (sustancias prohibidas para la fabricación), y Ley de Control de las Sustancias Tóxicas y Nocivas (toxinas especificadas).

Las sustancias tóxicas y sustancias que dañan el medio ambiente anteriormente mencionadas no se utilizan para la fabricación de productos YUPO®, a excepción de una parte de los productos.

Beneficios del papel sintético en términos ecológicos:

- El papel sintético no se fabrica a partir de árboles por lo que es 100% libre de pulpa. Esto se traduce en la conservación de los bosques, el agua y los recursos naturales.
- La fabricación de papel sintético no emite gas ozono.
- La instalación de Yupo Corporation en Chesapeake, Virginia ha sido

⁶⁷ Esta sección está basada en la información disponible en:
YUPO CORPORATION 2016 [Consultado el 13/10/2016] Disponible en:
<https://japan.yupo.com>

reconocido por su excelencia en el manejo y descarga de aguas residuales.

- Está hecho a mano a partir de gránulos de polipropileno y es 100% reciclable.
- El uso de los métodos recomendados para el reciclaje del papel sintético no genera azufre, nitrógeno o gases de dioxinas.
- Los procesos internos son revisados continuamente en todos los niveles para maximizar el cuidado del medio ambiente y minimizar cualquier huella de carbono.
- Se utiliza muy poca agua en la creación del papel sintético, lo que se traduce en la preservación de los recursos hídricos de nuestro planeta.
- La durabilidad y atributos del papel sintético ayudan a que el producto tenga una vida extremadamente larga y que tarde más en deteriorarse.
- Los restos de papel generados en el proceso de fabricación se reciclan y se reintroducen en la producción de otros productos.
- Otros beneficios ambientales de la utilización de los papeles sintéticos sin pulpa de celulosa, aparte de no continuar con la tala de árboles, es que estos papeles se encuentran libres de toxinas y metales pesados.

4.9 Eliminación

Dado que el material de polipropileno está compuesto de carbono e hidrógeno, se generan dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O) cuando se quema con aire suficiente. Los gases a base de cloro y óxido de nitrógeno, etc., no se generan. Además, los restos YUPO® pueden ser reciclados.

Calorías provenientes de la combustión:

Las calorías generadas cuando se quema papel sintético YUPO® se muestran a continuación en comparación con el carbón, aceite pesado y polietileno

.....
YUPO® Aprox. 7,200 kcal/kg

.....
Carbón 8,000-8,500 kcal/kg

.....
Aceites 9,600 kcal/kg
pesados

.....
Polietileno 11,000 kcal/kg
.....

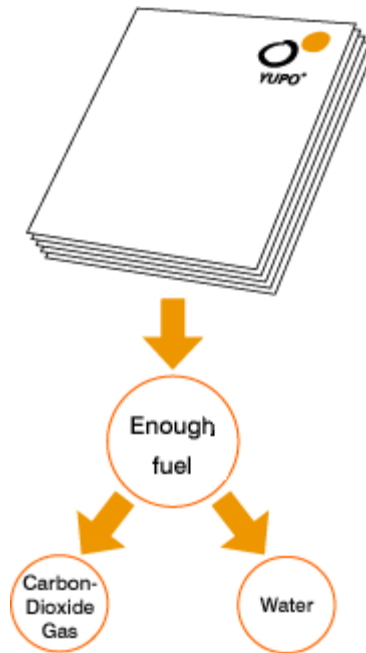


Imagen 31: Eliminación del papel sintético.

4.10 Aplicaciones

En la actualidad, algunas de las aplicaciones más importantes del papel sintético son:

4.10.1 Etiquetado y embalaje

Debido a la durabilidad del polipropileno del que está compuesto el papel sintético, le hace altamente resistente a la tracción, la flexión y los impactos. Al permitir la impresión le convierte en un material muy atractivo como etiqueta, pudiendo obtener distintos acabados jugando con el espesor y la translucidez de los distintos grados de papel. Al poder combinar la fabricación y el etiquetado de los envases al mismo tiempo, se elimina la necesidad de un procesamiento posterior después de fabricar el contenedor, ahorrando energía y obteniendo etiquetas que no se desprenden, pudiendo ser recicladas junto con el contenedor, beneficiando al medio ambiente.

Ejemplos de uso en estos campos son: etiquetas de productos alimenticios, medicamentos líquidos, pinturas y otros envases, etiquetas desplegadas, de envases, etiquetas para flores/plantas, pegatinas POP, pegatinas para automóviles y para el interior de los automóviles, para sitios de construcción o farmacéuticas, etiquetas engomadas para envolver tejido mojado, etiquetas de trazabilidad, etiquetas para inventariar, para electrodomésticos, etiquetas de juguetes y de advertencias, papeles de embalaje, cintas de unión, colgadores para cuellos de botella, bolsas de la compra, bolsas para la ropa, bolsas de diseño, sobres, bolsas farmacéuticas, bolsas de rayos X, bolsas para entregas comerciales y bolsas para preservación..



Imágenes 32, 33, 34 y 35: Aplicaciones del papel sintético.

4.10.2 Marketing y diseño

Las aplicaciones para este campo son muy variadas y extensas debido a la característica resistente al agua y al viento de este papel, que le permite resistir a la intemperie durante largo tiempo.

Además de ser ligero y flexible, el papel sintético también es muy resistente a tirones, curvamientos y golpes, y se puede limpiar repetidamente cuando está sucio, por lo que es ideal para aplicaciones que requieren un uso repetido.⁶⁸

Al poder disponer también de varios grosores y niveles de translucidez del papel, hay mucha versatilidad al poder dar distintos acabados.

Este papel también se deshecha de forma fácil y segura ya que no libera toxinas al ser incinerado.

Ejemplos de uso en estos campos son: Informes Anuales, pósters, postales, menús, etiquetas, catálogos, calendarios, inserciones, las lengüetas del índice, etiquetas colgantes, marcadores, sobres, banners, manuales, revistas, mapas, tarjetas de visita, libros para niños, bellybands, materiales POP, Flysheets, Posavasos, pantallas retroiluminadas, guías de viaje, libros resistentes al agua, materiales de uso masivo, indicaciones de senderismo o para ferrocarril, mapas aeronáuticos o hidrográficos, mapas de carreteras o turísticos, marcadores, portadas de libros, etc.

⁶⁸ Si el papel sintético se recubre con un barniz, su superficie impresa no se desvanecerá aun limpiándola mediante frotamiento de un paño mojado en agua, aceite o alcohol.



Imágenes 36. 37, 38 y 39: Aplicaciones del papel sintético (2).

4.10.3 Pegatinas y libros

El papel sintético es adecuado para su uso en entornos donde no debe entrar polvo o suciedad como cleanrooms de laboratorios, debido a su baja emisión de polvo. Al tener una vida útil mucho más larga que el papel tradicional y una resistencia a agresiones externas, arrugas, etc., el papel sintético es óptimo para mantener en condiciones óptimas de lectura datos valiosos que sea necesario conservar durante mucho tiempo.

Ejemplos de uso en estos campos son: Papel de copia, papel de registro térmico, papeles para formularios comerciales, papel para cleanrooms, papel para dibujos técnicos, papel para plotter, papel de transferencia térmica por sublimación, papel para inkjet, papel para impresoras láser, papel sin carbono, etc.

4.11 Notas especiales

- Generalmente, se pueden usar las máquinas de conversión de papel. Sin embargo, las características del papel sintético difieren de las del papel orgánico en algunos aspectos.
- El papel sintético no es absorbente ni permeable.

- Si se deja en un entorno de alta temperatura, se puede producir contracción térmica y distorsiones. La contracción será mayor en ángulo recto al grano que en la dirección de la veta.
- Al enrollar el papel sintético para su uso, la tensión debe ser extremadamente baja. Si se tira con fuerza en la dirección en la que se desenrolla, se estirará. Si la temperatura ambiente es alta en este momento, el estiramiento será más pronunciado.
- Si el borde del papel sintético se mella alguna vez, será propenso a la rotura a partir de ese punto. El papel sintético se rompe más fácilmente en la dirección de la veta.
- El papel sintético es difícil de doblar y tiende a desplegarse
- Si el papel sintético entra en contacto con el material impreso hecho de papel convencional, puede enroscarse o cambiar de forma debido a la hinchazón como resultado de los disolventes en la tinta para papel convencional (es decir, ataque de disolvente). Hay que evitar el uso de papel sintético y papel convencional juntos.

4.12 Algunos datos técnicos acerca del manejo y manipulación del papel sintético⁶⁹

Plegado

Para evitar problemas electrostáticos durante el plegado a máquina, hay que mantener la humedad relativa alrededor de las máquinas en un mínimo de 50%, y es aconsejable el uso de un equipo para eliminar las cargas electrostáticas. La gama YUPO® FGS95 ofrece la calidad más adecuada para el plegado en la máquina. Es recomendable ejecutar el doblado final paralelamente al grano.

Estampado en línea

Cuando se vayan a realizar pliegues en grados gruesos de YUPO®, el plegado a mano es el más eficaz después de la realización de estampación en línea.

Las máquinas de sellado que aplican calor y presión a una velocidad superior a la norma son las más eficaces para este tipo de trabajo.

Corte

⁶⁹ Esta sección está basada en la información disponible en: YUPO CORPORATION *Converting Technical Notes* 2018 [Consultado el 13/10/2016] Disponible en: <http://japan.yupo.com/english/convinfo/heed/cutting.html>

Para realizar un corte con guillotina, es recomendable utilizar una cuchilla afilada en ángulo.

Antes de cortar, da mejores resultados expulsar completamente el aire de entre las hojas.

Para evitar que la hoja muerda, la altura de corte no debe superar los 15 cm.

Para realizar un corte mediante rajado, es recomendable evitar hacer muescas en los bordes de los rollos de YUPO®, ya que si se aplica tensión, puede provocar que el papel se rasgue.

Es mejor utilizar una cuchilla giratoria y alinear las hojas superior e inferior perfectamente. Las cuchillas deben estar afiladas y libres de mellas para que el corte sea limpio.

Punzonado

Las punzonadoras tipo PMC o Busc son óptimas para el papel sintético, aunque también se pueden usar otro tipo de punzonadoras (por ejemplo, la presión directa, tambor de presión y de tipo rotativos).

Se pueden utilizar hojas a una cara o a dos caras, pero las cuchillas deben estar afiladas y libres de mellas para obtener buenos resultados. Si las cuchillas no están afiladas, el borde será propenso a formar pelos, y su eliminación puede causar delaminación.

Los ángulos rectos y esquinas agudas pueden causar problemas.

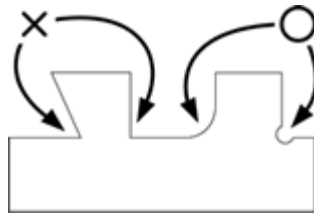


Imagen 40: Punzonado del papel sintético.

Taladrado

Los mejores resultados se obtienen con un taladro con un diámetro de 6 mm o más, siempre que sea potente y libre de mellas. Si el diámetro de la broca es demasiado pequeño, las hojas se podrían doblar. Si la perforación no es nítida, las marcas podrían fusionarse y dañar la cuchilla de perforación.

Es recomendable expulsar el aire de entre las hojas antes de la perforación y que la altura del papel que vaya a ser perforado no debe exceder de 20 mm.

Perforado

Se recomienda utilizar cuchillas de máquina afiladas y libres de mellas. Las perforaciones deben ser precisas y en línea recta.

Si las perforaciones tocan el borde, el papel será propenso a la rotura.

Buen ejemplo -----
Mal ejemplo -----

Es recomendable establecer las cuchillas de perforación de la siguiente manera:

	Sin cortar	Cortado
A favor de la veta	0.8-1.0mm	2-3mm
A contraveta	Máximo de 0.5 mm	2-3mm

Grabado en relieve

El papel sintético permite el grabado en relieve. Sin embargo, no es adecuado para estampado en relieve agudo, como con tarjetas de crédito, mapas en relieve o máscaras.

En caso de que para realizar el grabado se use un rollo de papel de impresora, es recomendable seguir estas indicaciones:

- Enrollado a temperatura de 60-90°C
- Presión del rodillo a 100-200kg/cm

Estampado en caliente

Cuando se realiza la estampación en caliente en el papel sintético, se producen huecos debido a la contracción térmica. Los huecos serán más evidentes cuanto más delgado sea el papel.

Para reducir al mínimo los huecos debido a la contracción térmica del papel sintético, se recomienda ajustar la temperatura de la placa de 100 a 105 ° C.

Encuadernación

En principio, el papel sintético tiene el grano transversal, a diferencia del papel basado en celulosa. Esto es importante a la hora de colocar la hoja para su encuadernación.

Los métodos de encuadernación que mejor se adaptan al papel sintético son la unión adhesiva en caliente y la encuadernación con alambre. Como guía, si el libro es más de 5 mm de espesor, se recomienda la unión adhesiva, y si es inferior a 5 mm, se recomienda encuadernación con alambre.

No se recomienda la unión de rosca, porque si se tira del hilo con fuerza, el área alrededor de los agujeros del papel sintético puede desgarrarse.

Cuando se utiliza el papel sintético combinado con una base de papel de pasta convencional como cubierta o página insertada, es posible que

el papel sintético se hinche o tenga deformaciones debido a los disolventes utilizados en la tinta impresa en el papel de pulpa convencional. Estas deformaciones no se pueden arreglar, por lo que es recomendable no mezclar materiales en este caso.

4.13 Degradación de los polímeros. Posibles Causas.

Cuando hablamos de degradación de un material nos referimos a todas las transformaciones que afectan a su composición original, y que además repercuten en sus propiedades y prestaciones iniciales. Cuando se trata de materiales sintéticos, los tipos de transformaciones que pueden sufrir se dividen en físicas o químicas. Algún ejemplo es la pérdida de aditivos o de color, solubilidad, etc. Hay que tener en cuenta que estos procesos pueden también provocar la emisión de compuestos orgánicos volátiles.

Las causas de estas transformaciones pueden ser las condiciones ambientales que rodean al material y la composición y estructura del mismo.

La composición química del polímero es una de las principales causas de su alteración. Su composición química la forman determinados grupos que se manifiestan en la cadena principal o en sus ramificaciones, dependiendo de si es un polímero con estructura lineal o bien ramificada:

“cualquier reacción química que afecte a un compuesto orgánico implica una ruptura de enlaces covalentes, por tanto, el valor de las energías de enlace puede informar sobre la estabilidad de una cierta unión o grupo químico. Sin embargo, en el caso de los polímeros, éste no es el único factor determinante y, en consecuencia, los grupos químicos o enlaces implicados en estas reacciones pueden mostrar una reactividad química diferente que en las moléculas sencillas.”⁷⁰

La temperatura de transición vítrea del polímero, así como su conformación espacial conforman que la matriz polimérica provea estabilidad o no al material.⁷¹

La degradación de los polímeros debido a factores extrínsecos se divide en degradación mecánica y química. La degradación mecánica se

⁷⁰ SAN ANDRÉS, Margarita; CHÉRCOLES, Ruth; DE LA ROJA, José Manuel; GÓMEZ, Marisa. (2010) *“Factores responsables de la degradación química de los polímeros. Efectos provocados por la radiación lumínica sobre algunos materiales utilizados en conservación.”* [Consultado el 06/08/15] Disponible en: <http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/mc/polyevart/bibliografia-y-enlaces-de-interes/FactrespXIREinaSof.pdf> P. 286-287

⁷¹ Los polímeros cristalinos o semicristalinos son más estables que los polímeros de estructura amorfa, ya que la cristalinidad hace más difícil la difusión de los agentes causantes de la transformación química de los polímeros.

refiere a los procesos de transformación del polímero en productos como láminas, espumas, tubos, etc:

“En su transcurso el polímero es sometido a procesos de extrusión o inyección, acompañados de un aumento de temperatura y, todo ello, en presencia de oxígeno. Se ha comprobado que la acción de cizalla aplicada al polímero fundido durante su procesado, provoca ruptura de enlaces y la aparición de especies radicálicas inestables”⁷²

La degradación química es provocada por fotodegradación, termodescomposición, hidrólisis y oxidación, además de por biodegradación provocada por microorganismos.

La degradación por termodescomposición que más se da en los polímeros ocurre durante las reacciones de tipo pirolítico, cuando se alcanzan temperaturas muy elevadas:

“...poli(carbonato) (PC) (~425°C), copolímero poli(etileno/polipropileno) (~415°C), poli(etilentereftalato) (PET) (~390°C), poli(estireno) (PS) (~375°C), poli(metacrilato de metilo) (PMMA) (~320°C), poli(acetato de vinilo) (PVAc) (~310°C).”⁷³

El amarilleamiento del polímero puede ser una consecuencia de su oxidación, causada por temperatura o luz combinadas con oxígeno.

La degradación polimérica mediante hidrólisis sólo tiene lugar en presencia de agua y en medios ácidos o básicos, y sólo se produce en polímeros con grupos hidrolizables como poliésteres, poliamidas o PVA.

La mayoría de los polímeros son estables a la luz, sin embargo se pueden producir otro tipo de degradaciones como consecuencia de su exposición a ella. La fotooxidación⁷⁴ ocurre más frecuentemente.

Dado que la fotodegradación es uno de los procesos químicos relacionados más frecuentemente con la degradación de los polímeros, hemos considerado de especial interés someter las diferentes muestras de papel sintético obtenido a ensayos de envejecimiento con radiación lumínica para comprobar sus efectos.

⁷² *Ibíd.* P. 289.

⁷³ *Loc. Cit.*

⁷⁴ Reacción promovida por acción de la luz y el oxígeno.

5. PRUEBAS / ENSAYOS

5.1 Ensayo de comportamiento con materiales pictóricos

Se han realizado una serie de pruebas con distintas técnicas sobre los papeles sintéticos disponibles. Para cada papel, hemos realizado dos tiras de pruebas, una probando los materiales y técnicas directamente sobre el papel, y otra con el papel preparado con dos ligeras capas de aparejo sintético o acrílico. Hemos elegido esta preparación ya que es la más adecuada para un soporte sintético:

“A diferencia de los aparejos de yeso tradicionales, los aparejos sintéticos son muy elásticos y se adaptan a la perfección a los movimientos de los soportes tradicionales, evitando la formación de grietas. Al carecer, prácticamente, de fuerza de tiro, tampoco ocasionan deformaciones en los soportes”⁷⁵

Los distintos papeles sintéticos sometidos a ensayo son en general bastante finos, por lo que al manipularlos están expuestos a numerosos riesgos mecánicos. Lo más conveniente es usar una preparación elástica que soporte en la mayor medida posible estos movimientos.

Estos papeles no se deforman por la acción del agua, con lo que no hay peligro de que las preparaciones disueltas con agua vayan a ocasionar deformaciones. En cuanto a la aplicación de la preparación, se ha procurado conseguir una superficie lo más lisa posible y sin textura, para no interferir o distraer del resultado de las pruebas. Antes de la aplicación, es aconsejable desengrasar los papeles sintéticos con alcohol para eliminar las posibles manchas de grasa que pudieran dificultar una correcta adhesión de la preparación al papel.

Como referencia comparativa, se han realizado las mismas pruebas con cartulina básica, para poder comparar más fácilmente las diferencias entre papel tradicional y papel sintético.

Para todas las pruebas se han utilizado los mismos materiales:

- Carboncillo
- Grafito
- Lápiz de color
- Lápiz acuareable
- Acuarela

⁷⁵ HUERTAS TORREJÓN, Manuel. (2010). Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas II. Madrid: Akal S.A. P.70

-Acrílico

-Óleo

-Gesso acrílico

CARTULINA (REFERENCIA)

La cartulina usada es un papel de origen vegetal de color blanco natural, encolado, que ofrece dureza y regularidad en su superficie. Es ligeramente satinado.

Este papel es muy polivalente, y apto para multitud de técnicas. Según su gramaje, el de 130gr está indicado para dibujo con grafito y ceras. A partir de 150gr permite otras técnicas como la tinta, acuarela, gouache, etc.

La cartulina que hemos usado para las pruebas es de 370gr.



Imagen 41: Pruebas sobre cartulina.

YPBL 250gr

Producto:

- YupoBlue YPBL 250 se ha desarrollado para la impresión en hojas en las impresoras HP Indigo. Se pueden imprimir por las dos caras.
- Este papel está aprobado para la impresora HP Indigo 5000.
- YupoBlue YPBL 250 garantiza resistencia al agua, resistencia química, y durabilidad.

Propiedades físicas:

Grosor: 250micron

Peso: 200g/m²

Opacidad: 99%

Brillo: 20%

Luminosidad: 96%

Resistencia a la tracción: 10kN/m MD 32kN/m CD

Resistencia al desgarro: 1380mN MD 590mN CD

Rigidez Clark: 215s-value MD 360s-value CD



Imagen 42: Pruebas sobre YPBL 250.

CARBONCILLO

La aplicación de la barra de carboncillo sobre este papel resulta fácil y se extiende con carácter uniforme. No se logran negros, tan sólo grises. Se retira muy fácilmente con sólo rozar el papel. Al difuminar tiende a emborronarse.

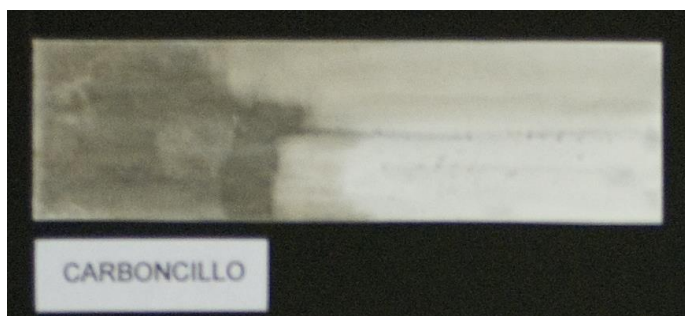


Imagen 43: Prueba de carboncillo sobre YPBL 250.

GRAFITO

Con el grafito no se pueden obtener negros intensos. Al tratar con goma de borrar sobre el grafito, éste tiende a ensuciarse. Sólo se logra borrar con goma dura, aunque puede dejar marcas en el papel. Los lápices o barras de grafito se gasta mucho más rápido que sobre el papel de fibras vegetales. Es complicado lograr una superficie oscura homogénea. El papel no retiene el grafito, y éste queda en superficie, lo que en un determinado ángulo, le da una apariencia metálica que refleja la luz. Las huellas dactilares y las manchas de grasa depositadas en el papel sintético aparecen al difuminar el grafito.

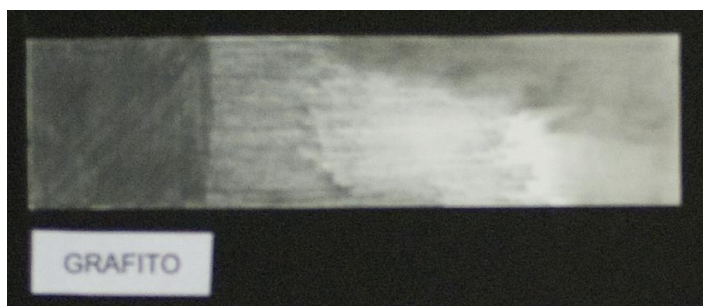


Imagen 44: Prueba de grafito sobre YPBL 250.

LÁPIZ DE COLOR

Los lápices de colores se aplican de manera más uniforme y fácil que con grafito. El difuminado es costoso y queda bastante sutil.



Imagen 45: Prueba de lápiz de colores sobre YPBL 250.

LÁPIZ ACUAREABLE

Los lápices acuareables se aplican fácilmente. Con ellos, se puede lograr un buen nivel de saturación del color. La textura queda ligeramente granulada. Al aplicar agua con un pincel, el pigmento se disuelve con facilidad, consiguiendo un color distinto, de textura uniforme y sedosa. Buena absorción, no satura el papel.

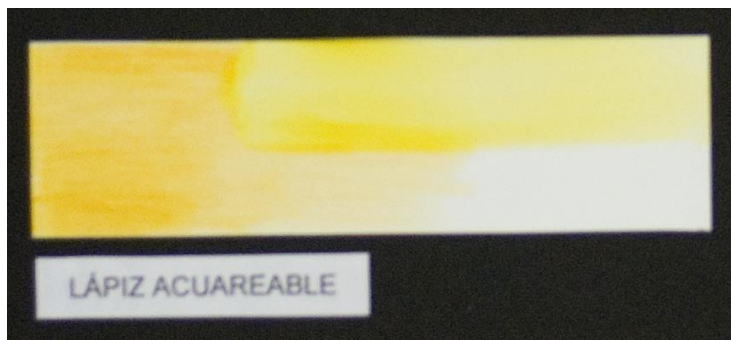


Imagen 46: Prueba de lápiz acuareable sobre YPBL 250.

ACUARELA

Al emplear acuarela sobre el papel sintético, se alarga notablemente su tiempo de secado, especialmente si se usa mucha agua. Ofrece buenos e interesantes resultados, aunque no se comporta igual que sobre papel de fibras vegetales. El papel sintético no se altera al mojarse. Los lápices grasos pueden usarse como máscara.

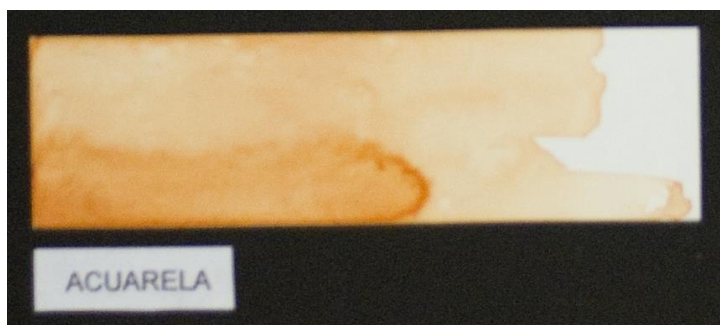


Imagen 47: Prueba de acuarela sobre YPBL 250.

ACRÍLICO

La superficie del papel no presenta una gran absorbencia, por lo que no acepta mucha pintura, y la capa queda translúcida. Tarda en secar más que si se utilizara papel tradicional. Al aplicar una segunda capa de pintura se logra una mayor opacidad, aunque según la aplicación, el resultado no es muy uniforme.

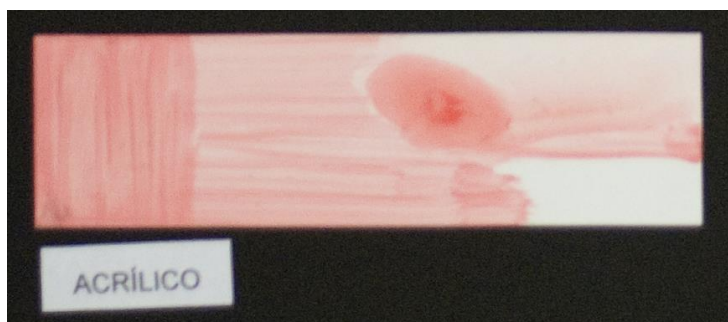


Imagen 48: Prueba de acrílico sobre YPBL 250.

ÓLEO

El comportamiento de los papeles sintéticos como soporte para la pintura al óleo es muy bueno. Permite tanto aplicación matérica como pintura muy disuelta con trementina. Color vibrante y saturado, aplicación rápida y evaporación rápida de la trementina. El óleo tarda en secar algo más que sobre papel tradicional.

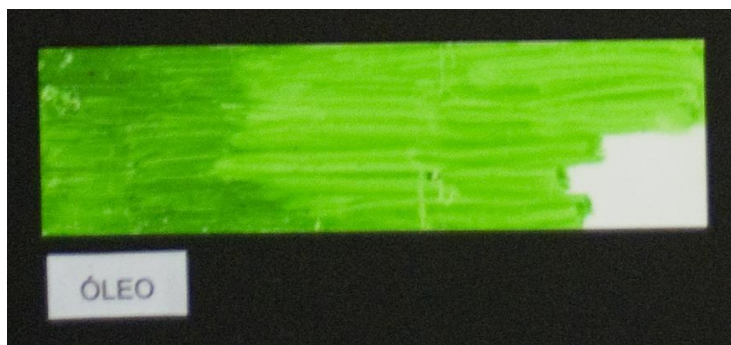


Imagen 49: Prueba de óleo sobre YPBL 250

Observaciones tras la aplicación de dos finas capas de aparejo sintético sobre el papel sintético.

El papel presenta una apariencia mate. Su textura es suave y definida por la aplicación del gesso sobre el papel. Dependiendo del grosor del gesso y de la forma de aplicarlo sobre el papel (con paletina, con rodillo, etc.), pueden quedar resultados distintos. Agarre óptimo de la capa de gesso al papel. Éste admite combamientos y movimientos no demasiado agresivos del papel sin resquebrajarse.

CARBONCILLO sobre APAREJO SINTÉTICO

Con el carboncillo, no se obtienen negros profundos, tan sólo grises oscuros. Al frotar el carboncillo insistiendo sobre la superficie trabajada, se remueve la capa de carboncillo anteriormente aplicada. La textura del aparejo queda remarcada al usar carboncillo sobre ella.



Imagen 50: Prueba de carboncillo sobre YPBL 250 con gesso.

GRAFITO sobre APAREJO SINTÉTICO

Gracias a la aplicación del aparejo sintético sobre el papel, éste acepta mucho mejor el grafito, y permite negros mucho más uniformes y oscuros. La textura que se le ha dado al aparejo queda patente, por lo que si no se desea que esta textura tenga un papel protagonista, debe realizarse una aplicación del aparejo sintético sobre el papel totalmente uniforme. Al difuminar hay que tener cuidado con no ser muy agresivo, ya que se corre el riesgo de que se llegue a desprender la capa de aparejo. Al difuminar el grafito, éste queda con una apariencia borrosa y sucia. Es importante tener cuidado con las manchas de grasa, ya que si hubiera alguna, el difuminado las da protagonismo. Tras borrar el grafito con goma de borrar, tanto blanda como dura, queda un ligero fantasma.

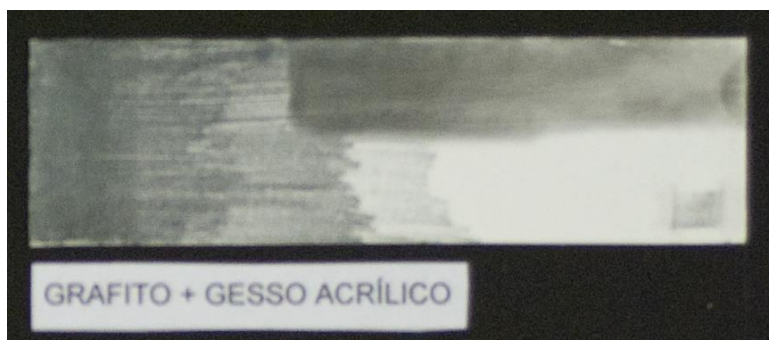


Imagen 51: Prueba de grafito sobre YPBL 250 con gesso.

LÁPIZ DE COLOR sobre APAREJO SINTÉTICO

El papel con el aparejo presenta en general un buen comportamiento con el lápiz de color. La textura del lápiz queda más definida dependiendo de la textura que se le da al aparejo. Al insistir para lograr una mayor saturación del color la superficie queda brillante. El difuminado funciona bien (no se debe insistir con fuerza con el difumino para evitar el riesgo de desprender el aparejo).



Imagen 52: Prueba de lápiz de color sobre YPBL 250 con gesso.

LÁPIZ ACUAREABLE sobre APAREJO SINTÉTICO

Los resultados obtenidos de la prueba de lápiz acuareable sobre el papel sintético con preparación son muy similares a la muestra realizada sin preparación. La aplicación del lápiz sobre el gesso queda más rugosa, y se ve condicionada por la textura del aparejo, manifestando sus irregularidades. Al tratar los lápices acuareables con agua, se obtienen aguadas de color similares a las obtenidas con la pintura a la acuarela y con un acabado liso, idéntico a la muestra sin aparejo.

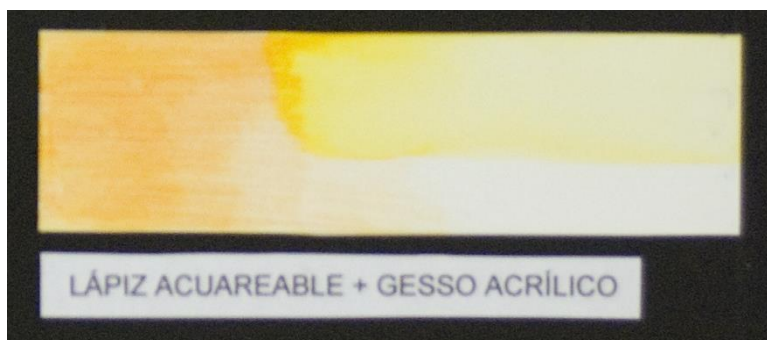


Imagen 53: Prueba de lápiz acuareable sobre YPBL 250 con gesso.

ACUARELA sobre APAREJO SINTÉTICO

El resultado que obtenemos con esta técnica sobre el papel sintético preparado es bueno, muy parecido a la prueba sin preparación. En este caso la acuarela se seca antes, y a causa de la textura del aparejo, la

acuarela seca presenta un aspecto más rugoso y menos limpio. A pesar de ello, el color tiene gran saturación.



Imagen 54: Prueba de acuarela sobre YPBL 250 con gesso.

ACRÍLICO sobre APAREJO SINTÉTICO

El resultado de usar esta técnica sobre el papel preparado es muy bueno, con un resultado más opaco y consistente que el que esta misma técnica presenta sin preparación sintética. El tiempo de secado se reduce notablemente comparado a usar el papel sin preparación. Para lograr una cobertura total se necesita la superposición de capas sucesivas de acrílico.



Imagen 55: Prueba de acrílico sobre YPBL 250 con gesso.

ÓLEO sobre APAREJO SINTÉTICO

El color del óleo sobre el papel preparado con aparejo sintético es muy luminoso. El soporte acepta mayor cantidad de materia que sin preparación, con un tiempo de secado más rápido.

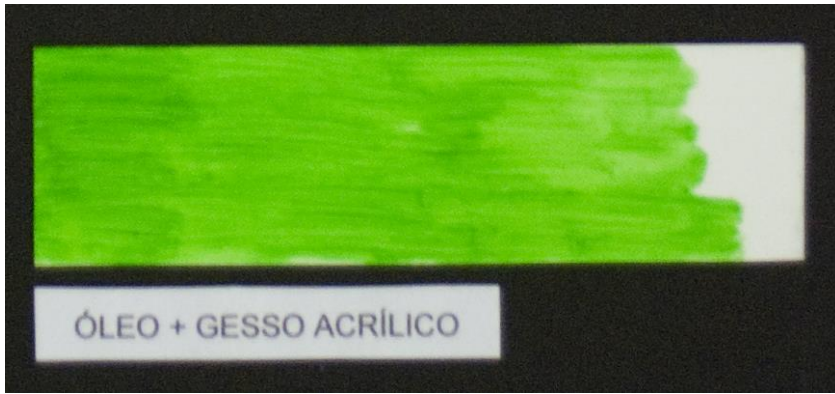


Imagen 56: Prueba de acrílico sobre YPBL 250 con gesso.

FEB 300

Producto:

-Yupo FEB es un papel mejorado basado en FPG. FEB 300 tiene un tiempo de secado de tinta más rápido.

-Está diseñado para gráficos, y se puede imprimir por los dos lados con tintas oxidativas.

-FEB 300 asegura resistencia al agua, resistencia química y durabilidad.

Propiedades físicas:

Grosor: 300micron

Peso: 252g/m²

Opacidad: 99%

Brillo: 46%

Luminosidad: 97.5%

Resistencia a la tracción: 12kg/15mm MD, 40kg/15mm CD

Resistencia al desgarro: 3320mN MD, 831mN CD

Rigidez Clark: 301s-value MD, 571s-value CD



Imagen 57: Pruebas sobre FEB 300.

CARBONCILLO

El carboncillo sobre este papel tiene mal comportamiento, el papel rechaza el carboncillo y no deja apenas marca en el papel. Como resultado se ve el papel ligeramente manchado, de un color gris muy sutil

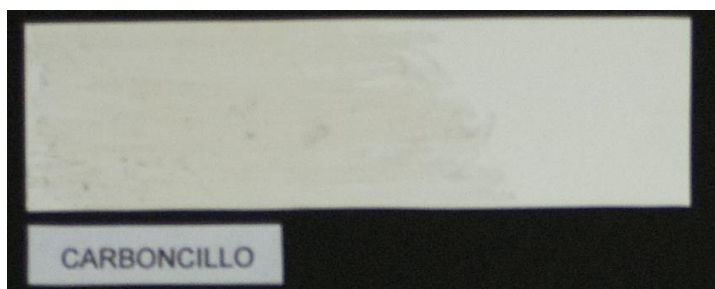


Imagen 58: Prueba de carboncillo sobre FEB 300.

GRAFITO

Este papel casi no tiene poro, por lo que no acepta el grafito. El grafito no se marca en el papel y sólo deja un pequeño rastro. Podría servir para realizar un boceto sobre el que aplicar otra técnica pictórica. No permite el difuminado. Se borra con goma dura (la goma blanda emborriona). No es posible lograr negros, tan sólo un gris muy sutil.

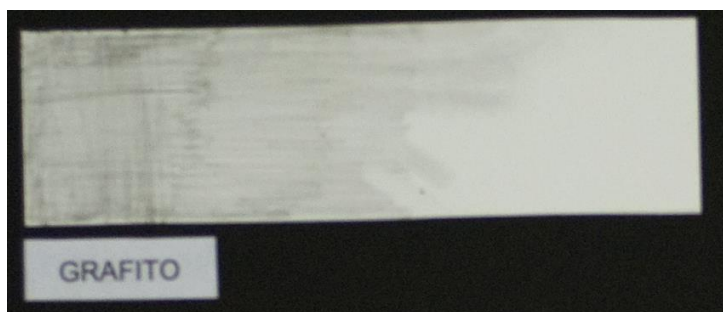


Imagen 59: Prueba de grafito sobre FEB 300.

LÁPIZ DE COLOR

Con el lápiz de color obtenemos aproximadamente el mismo resultado que se obtuvo con el grafito, un rastro muy tenue de aplicación difícil por las características superficiales del papel. Queda un color muy suave y muy difícil de difuminar.



Imagen 60: Prueba de lápiz de color sobre FEB 300.

LÁPIZ ACUAREABLE

El color que obtenemos con esta técnica sobre este papel es muy tenue y no se puede saturar. Al aplicar agua y extenderla con un pincel resulta complicado extender mucho pigmento, pero se iguala el color, quedando más uniforme. El resultado es similar a una veladura muy sutil.

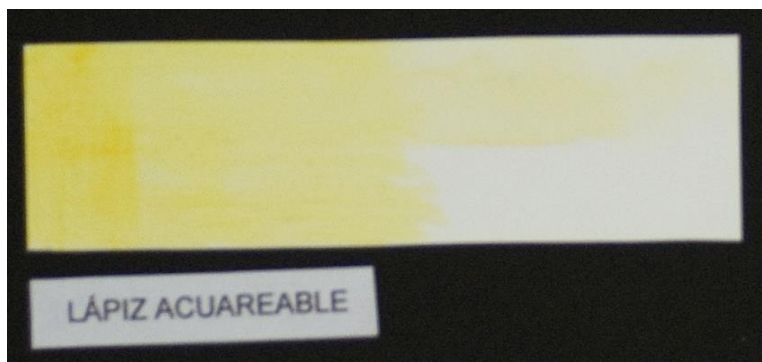


Imagen 61: Prueba de lápiz acuareable sobre FEB 300.

ACUARELA

Al usar esta técnica sobre el papel FEB 300, el resultado es muy luminoso, aunque la aplicación es difícil y muy impredecible, tardando mucho en secar. Los resultados son novedosos e interesantes, con muchas posibilidades plásticas.

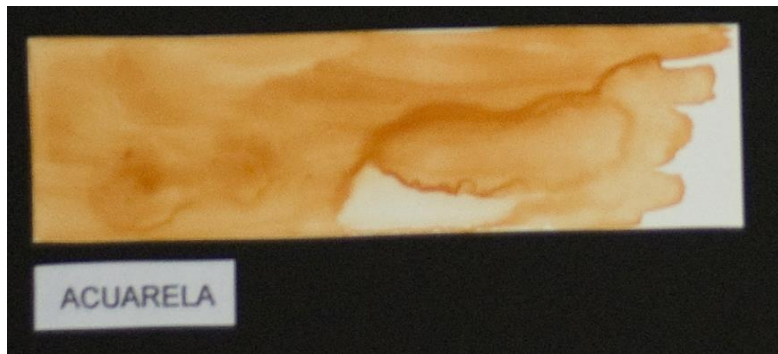


Imagen 62: Prueba de acuarela sobre FEB 300,

ACRÍLICO

El papel, por sus características, no admite mucha pintura acrílica. El acrílico tarda bastante en secar (en función de la cantidad de agua). Para lograr un resultado uniforme se necesitan capas muy finas y bien extendidas.

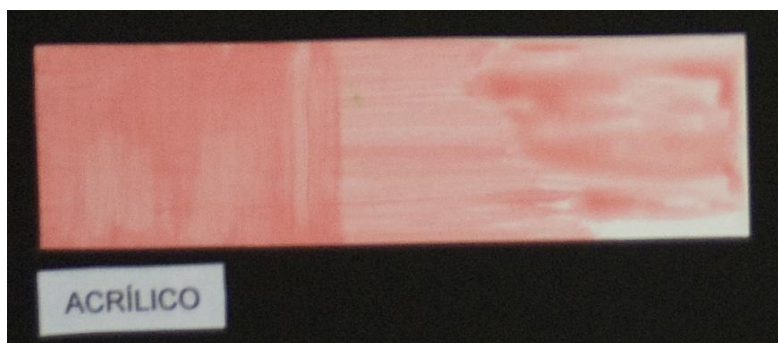


Imagen 63: Prueba de acrílico sobre FEB 300,

ÓLEO

Con esta técnica, se obtiene un color luminoso y cubriente, con una aplicación controlada. El óleo funciona bien sobre este papel, aunque tarda bastante en secar.

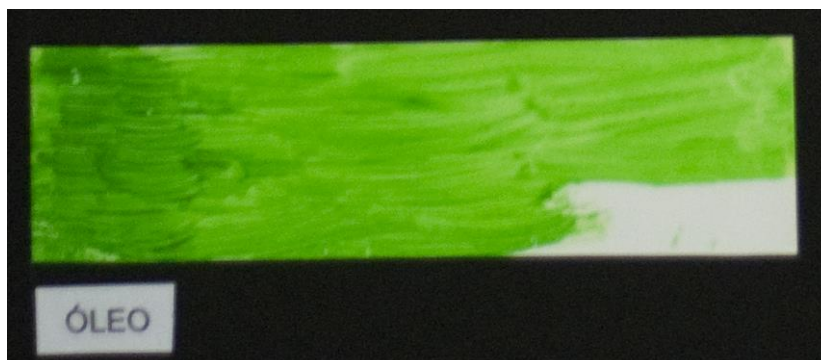


Imagen 64: Prueba de óleo sobre FEB 300,

Aplicación de dos finas capas de aparejo sintético

CARBONCILLO sobre APAREJO SINTÉTICO

Después de aplicar dos finas capas de aparejo sintético sobre este papel, mejora notablemente el agarre del pigmento. Se puede difuminar fácilmente, aunque no admite una gran saturación. El pigmento sobrante se retira fácilmente al rozar ligeramente la superficie.



Imagen 65: Prueba de carboncillo sobre FEB 300 con aparejo.

GRAFITO sobre APAREJO SINTÉTICO

El cambio con respecto a la prueba sin aparejo es muy notable. El comportamiento del grafito sobre las capas de aparejo resulta óptimo, logrando negros potentes. Permite el difuminado y el grafito se puede borrar con goma blanda. Se pueden conseguir varios acabados y texturas distintas, también en función de lo homogénea que haya sido la aplicación del aparejo.

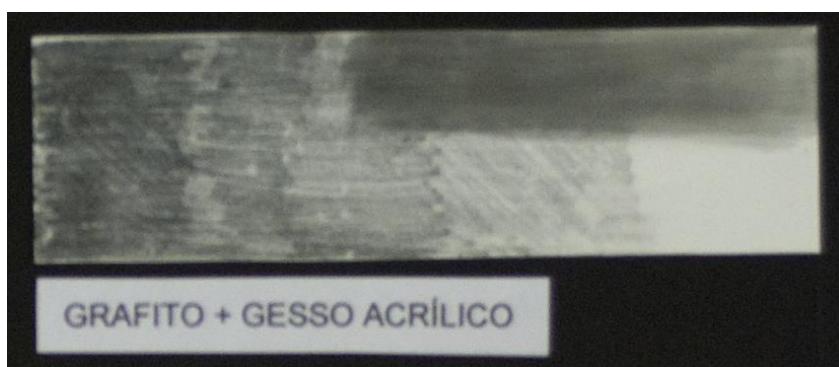


Imagen 66: Prueba de grafito sobre FEB 300 con aparejo.

LÁPIZ DE COLOR sobre APAREJO SINTÉTICO

La capa de aparejo permite el difuminado del lápiz de color y la saturación del color. La aplicación directa del lápiz de color no es muy homogénea, sin embargo al difuminar se iguala la mancha de color.



Imagen 67: Prueba de lápiz de color sobre FEB 300 con aparejo.

LÁPIZ ACUAREABLE sobre APAREJO SINTÉTICO

Gracias a la aplicación del aparejo, el soporte admite la saturación del color y al aplicar agua, el color obtenido es luminoso, homogéneo y rico. Con la aplicación directa sobre el soporte con el lápiz acuareable también se obtiene un resultado óptimo.



Imagen 68: Prueba de lápiz acuareable sobre FEB 300 con aparejo.

ACUARELA sobre APAREJO SINTÉTICO

Una vez aplicado el aparejo, el soporte presenta una mayor absorción de la acuarela, tardando menos en secar comparado con la prueba sin aparejo. Sin embargo, los resultados obtenidos son semejantes en términos estéticos.



Imagen 69: Prueba de acuarela sobre FEB 300 con aparejo.

ACRÍLICO sobre APAREJO SINTÉTICO

Con la capa de aparejo se logra un mejor resultado en la aplicación de esta técnica. La capa de acrílico queda visiblemente más opaca que en la prueba sin aparejo y tarda menos en secar. El color que se obtiene destaca por su luminosidad. Para lograr una buena cobertura se necesita la superposición de capas de pintura acrílica sucesivas.



Imagen 70: Prueba de acrílico sobre FEB 300 con aparejo.

ÓLEO sobre APAREJO SINTÉTICO

Los resultados obtenidos y la aplicación resultan muy parecidos a la prueba realizada sin preparación. Con el aparejo se obtiene una mayor retención de la pintura en el papel y menor deslizamiento del pincel sobre la superficie, mejorando también la absorción.

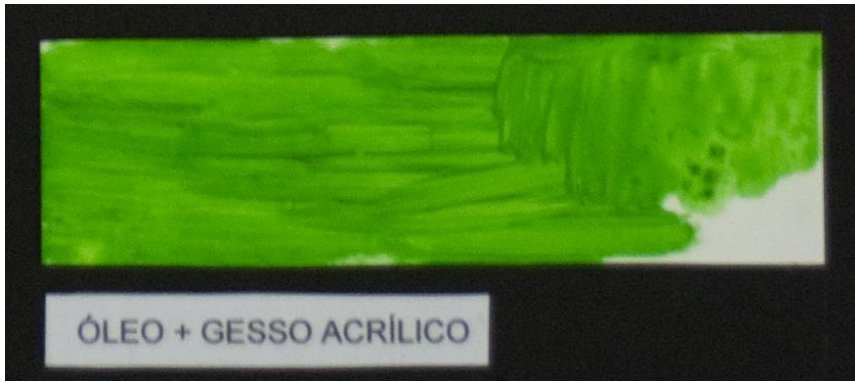


Imagen 71: Prueba de óleo sobre FEB 300 con aparejo.

QJJ 400

Producto:

- Yupo QJJ 400 tiene la misma superficie que FPG y puede imprimirse con un gran rango de métodos de impresión.
- Este papel de gramaje algo está diseñado para gráficos en general.
- Hay que tener especial cuidado cuando se doble el papel QJJ 400, siempre doblar paralelamente a la dirección del grano.
- QJJ 400 asegura resistencia al agua, resistencia química y durabilidad.

Propiedades físicas:

Grosor: 400micron

Peso: 390g/m²

Opacidad: 97%

Brillo: 21%

Luminosidad: 95%

Resistencia a la tracción: 18kg/15mm MD, 38kg/15mm CD

Resistencia al desgarro: 300g MD, 230g CD

Rigidez Clark: 300< s-value MD, 300< s-value CD



Imagen 72: Pruebas sobre QJJ 400.

CARBONCILLO

Este papel no admite la técnica de carboncillo. Al aplicar la barra de carboncillo sobre el papel, ésta queda muy en superficie, con un tono muy ligero. No se puede difuminar. Sin embargo el carboncillo aplicado se borra bien con goma de borrar. Al rozar el carboncillo sobre el papel, el pigmento se desprende con mucha facilidad.

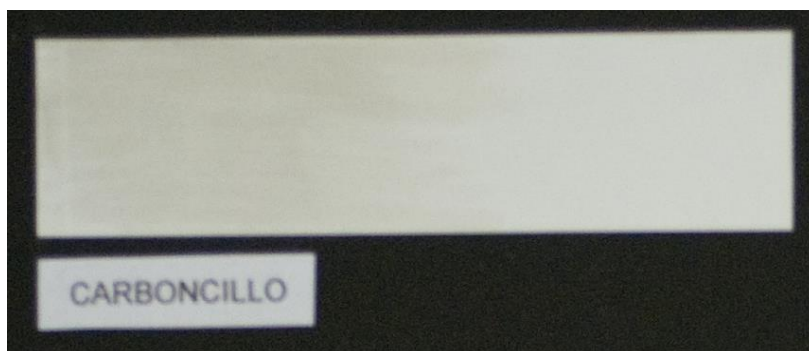


Imagen 73: Prueba de carboncillo sobre QJJ 400.

GRAFITO

A diferencia del carboncillo, el grafito sobre este papel tiene muy buen comportamiento. El resultado de esta técnica sobre el papel QJJ 400 resulta al que se pueda tener sobre papel normal aunque con un acabado mucho más satinado. El papel sintético QJJ400 admite bien el grafito y permite el borrado del mismo (obteniendo mejor resultado con goma dura). El papel permite el difuminado, pudiéndose conseguir negros oscuros (aunque el trazo se distingue, y al insistir mucho la superficie del papel queda muy satinada). Las marcas de grasa se manifiestan al difuminar por encima de ellas (hay que tener especialmente cuidado con las marcas que puedan dejar nuestros dedos al manipular el papel).

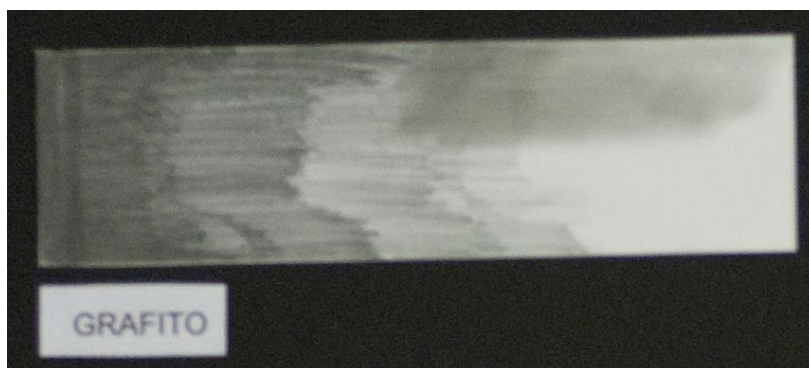


Imagen 74: Prueba de grafito sobre QJJ 400.

LÁPIZ DE COLOR

Éste papel admite pigmento hasta cierto punto, por lo que la saturación del color depende de ello. La aplicación del lápiz de color sobre el papel es buena y permite gradaciones de color, sin embargo el papel se satina cuando alcanza el máximo de saturación permitida. Con el difumino se puede obtener un difuminado sutil.



Imagen 75: Prueba de lápiz de color sobre QJJ 400.

LÁPIZ ACUAREABLE

El papel QJJ acepta la aplicación del lápiz, aunque el pigmento no se funde con el papel. Al extender el pigmento con agua el resultado es impredecible, ya que el papel repele el agua y no se puede controlar la distribución de la acuarela, dejando un rastro irregular.

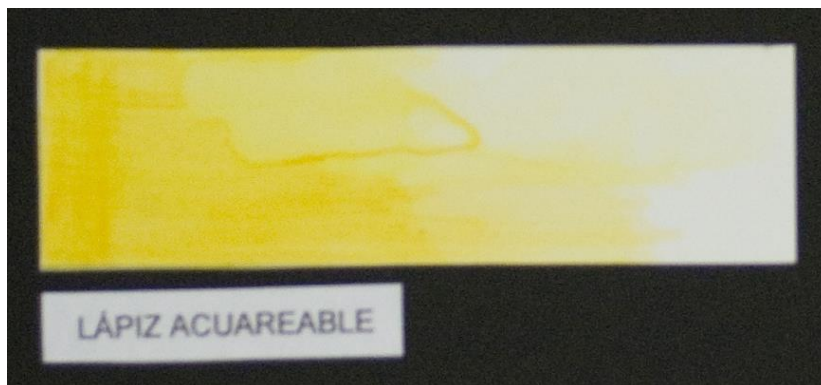


Imagen 76: Prueba de lápiz acuareable sobre QJJ 400.

ACUARELA

Por sus características, este papel repele el agua y la acuarela al ser aplicada no queda homogénea. Con esta técnica se pueden conseguir resultados interesantes pero muy aleatorios dada la dificultad en el manejo de la acuarela sobre este papel.



Imagen 77: Prueba de acuarela sobre QJJ 400.

ACRÍLICO

Las capas de pintura acrílica sobre este papel quedan finas y transparentes, similares a veladuras, y cuesta bastante que queden uniformes (como ocurría con la acuarela), ya que éste papel repele el agua. Para que quede más cubriente de debe utilizar la pintura directamente sacada del tubo, sin diluir. Tarda mucho en secar.

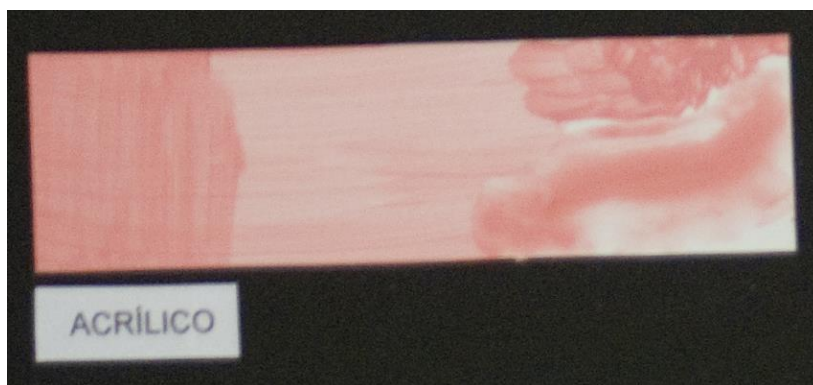


Imagen 78: Prueba de acrílico sobre QJJ 400.

ÓLEO

El resultado de usar la técnica del óleo sobre este papel es parecido al acrílico, aunque más cubriente. Debido a las características de este papel, el pincel se desliza mucho por la superficie, pero permite empastar más la pintura que con la pintura acrílica.

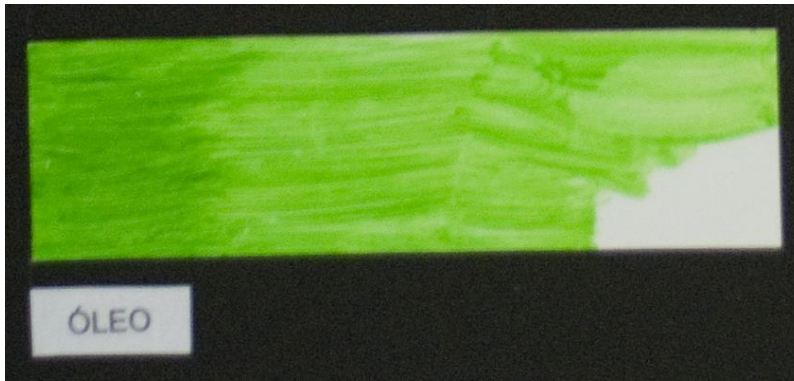


Imagen 79: Prueba de óleo sobre QJJ 400.

Aplicación de dos finas capas de aparejo sintético

CARBONCILLO sobre APAREJO SINTÉTICO

El carboncillo se aplica con más facilidad sobre este papel una vez preparado con aparejo, aunque los resultados no son muy notables. El papel preparado admite el carboncillo superficialmente, pudiéndose difuminar de una forma muy sutil, pero sigue desprendiéndose con facilidad.



Imagen 80: Prueba de carboncillo sobre QJJ 400 con aparejo.

GRAFITO sobre APAREJO SINTÉTICO

La capa de aparejo se desprende con facilidad al insistir con el lápiz, por lo que hay que ser cuidadoso con la aplicación, sobre todo al intentar obtener negros intensos. El papel permite el difuminado de esta técnica, aunque el papel se sigue saturando bastante rápido.

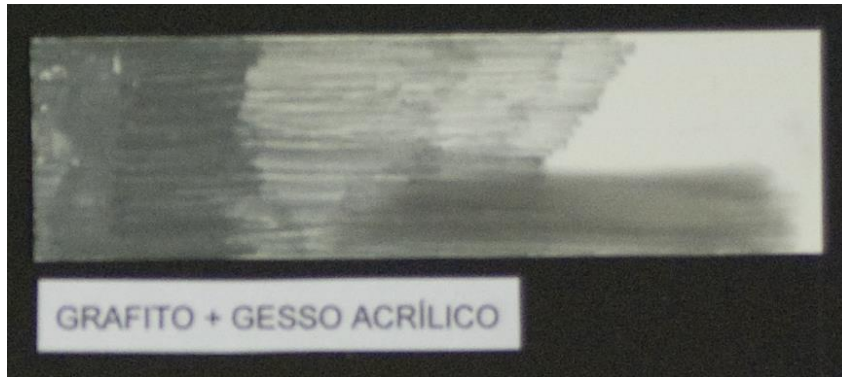


Imagen 81: Prueba de grafito sobre QJJ 400 con aparejo.

LÁPIZ DE COLORES sobre APAREJO SINTÉTICO

El lápiz de color se aplica mejor con el papel preparado, aunque el resultado obtenido es similar al del papel sin preparación. El aparejo permite un ligero difuminado, logrando así un color más homogéneo.



Imagen 82: Prueba de lápiz de color sobre QJJ 400 con aparejo.

LÁPIZ ACUAREABLE sobre APAREJO SINTÉTICO

Gracias a la preparación mejora la aplicación del lápiz acuareable, obteniendo un color más homogéneo y vivo, especialmente una vez aplicada agua sobre el lápiz. Sin embargo, el tiempo de secado sigue siendo lento.



Imagen 83: Prueba de lápiz acuareable sobre QJJ 400 con aparejo.

ACUARELA sobre APAREJO SINTÉTICO

Si comparamos el resultado de la aplicación de acuarela con el papel preparado y sin preparación, podemos notar una ligera mejoría en el preparado, aunque los resultados son muy similares, con un tiempo de secado igualmente largo.

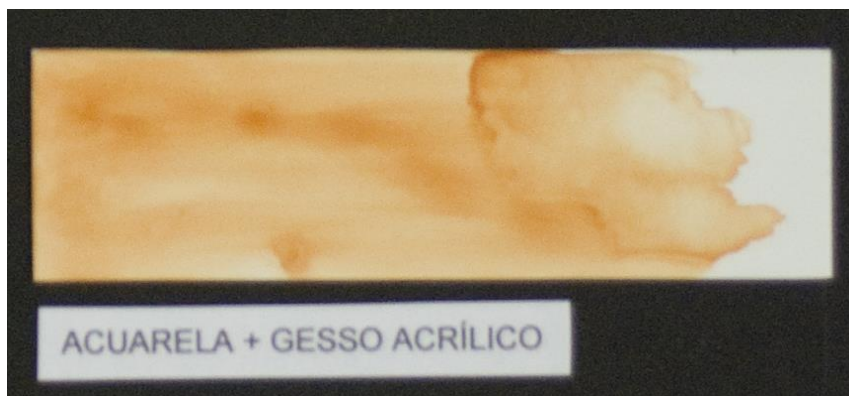


Imagen 84: Prueba de acuarela sobre QJJ 400 con aparejo.

ACRÍLICO sobre APAREJO SINTÉTICO

La aplicación de la pintura acrílica sobre este papel, mejora una vez que se ha preparado con aparejo sintético, admitiendo capas más cubriente y con un tiempo de secado más rápido. Sin embargo, para conseguir mayor cobertura se debe usar pintura directamente del tubo, combinando varias capas sucesivas de la misma.



Imagen 85: Prueba de acrílico sobre QJJ 400 con aparejo.

ÓLEO sobre APAREJO SINTÉTICO

Los resultados de la aplicación de óleo sobre el papel preparado son similares a los del papel sin preparar. Con la preparación de aparejo el pincel se desliza con mayor dificultad sobre la superficie, pero se consiguen capas más opacas y consistentes.



Imagen 86: Prueba de óleo sobre QJJ 400 con aparejo.

FPU 250

Producto:

-YUPO FPU 250 está diseñado para Screen Printing con UV o con tintas con base de aceite.

-FPU 250 asegura resistencia al agua, resistencia química y durabilidad.

Propiedades físicas:

Grosor: 250micron

Peso: 200g/m²

Opacidad: 99%

Brillo: 17%

Luminosidad: 96%

Resistencia a la tracción: 15kg/15mm MD, 47 kg/15mm CD

Resistencia al desgarro: 155g MD, 59g CD

Rigidez Clark: 230s-value MD, 426s-value CD



Imagen 87: Pruebas sobre FPU 250.

CARBONCILLO

Este papel no admite el carboncillo. Al aplicar el carboncillo en el papel, éste queda ligeramente manchado de color gris suave, pudiéndose difuminar por la superficie, aunque el pigmento no penetra el poro del papel, por lo que se puede retirar muy fácilmente al rozar la superficie con un paño o un papel.



Imagen 88: Prueba de carboncillo sobre FPU 250.

GRAFITO

Éste papel sintético funciona bastante bien con el grafito, se puede difuminar bastante y se logran negros más o menos consistentes (aunque el papel se satina en seguida). El borrado del grafito sobre el papel resulta costoso y las marcas de grasa se manifiestan muy fácilmente.

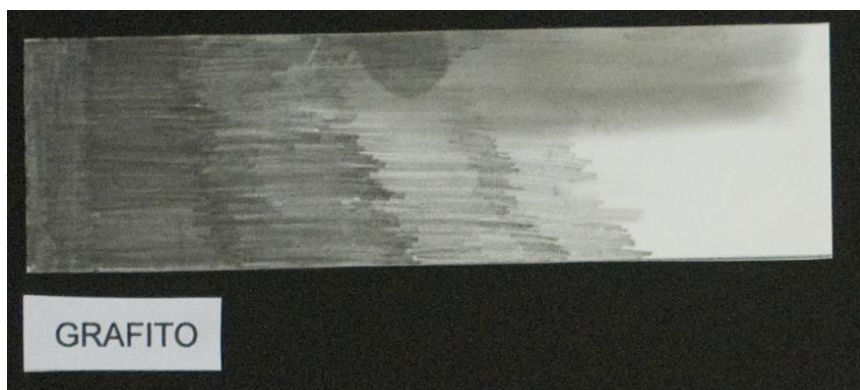


Imagen 89: Prueba de grafito sobre FPU 250.

LÁPIZ DE COLORES

Con este papel se puede lograr una buena cobertura del lápiz de color, aunque su difuminado es difícil. Para saturar el color se necesita una buena presión del lápiz en el papel, combinando capas de color.



Imagen 90: Prueba de lápiz de color sobre FPU 250.

LÁPIZ ACUAREABLE

El papel FPU 250 admite el lápiz acuareable, aunque no se puede lograr una gran saturación. Al añadir agua, la acuarela que se consigue es bastante sutil, con un color suave.

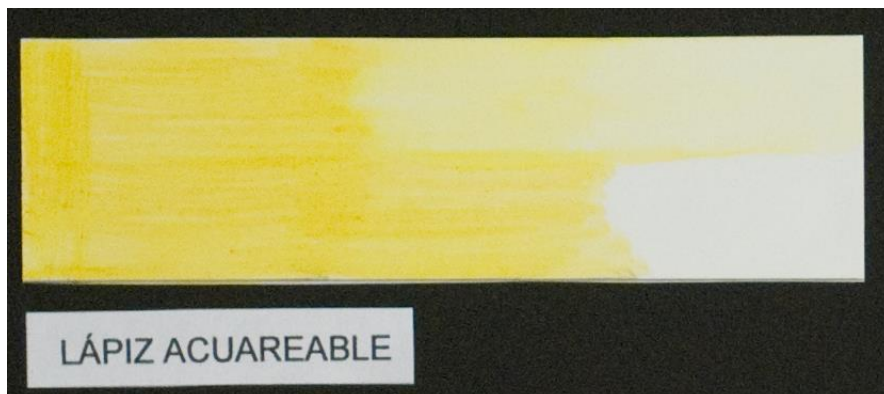


Imagen 91: Prueba de lápiz acuareable sobre FPU 250,

ACUARELA

Los resultados que obtenemos al usar la acuarela sobre este papel son totalmente distintos a los que obtendríamos al utilizar papel tradicional. La acuarela tarda mucho en secar, y es difícil lograr texturas planas y uniformes. Sin embargo se pueden obtener texturas y contrastes plásticamente interesantes.

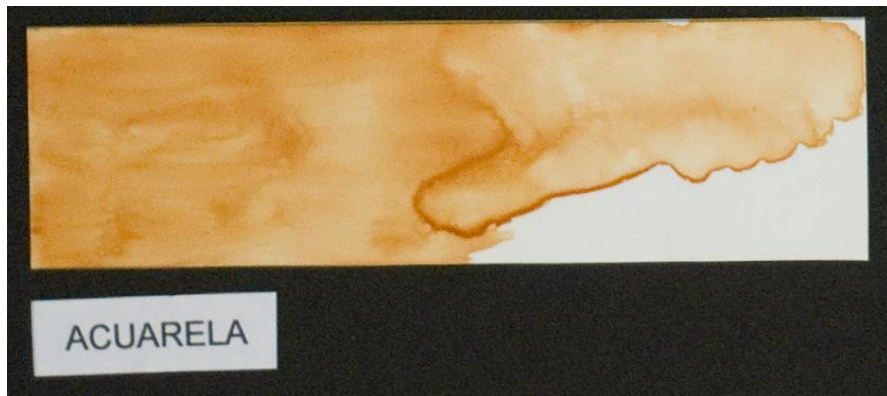


Imagen 92: Prueba de acuarela sobre FPU 250.

ACRÍLICO

Al usar la pintura acrílica sobre este papel obtenemos una mejor cobertura que con otros papeles sintéticos. El color es rico y saturado, aunque para lograr una cobertura total se necesitan varias capas de pintura.



Imagen 93: Prueba de acrílico sobre FPU 250.

ÓLEO

Este papel es un buen soporte para esta técnica, ya que el color queda saturado y luminoso, incluso con el óleo bastante diluido. Permite tanto veladuras como la aplicación de empastes.

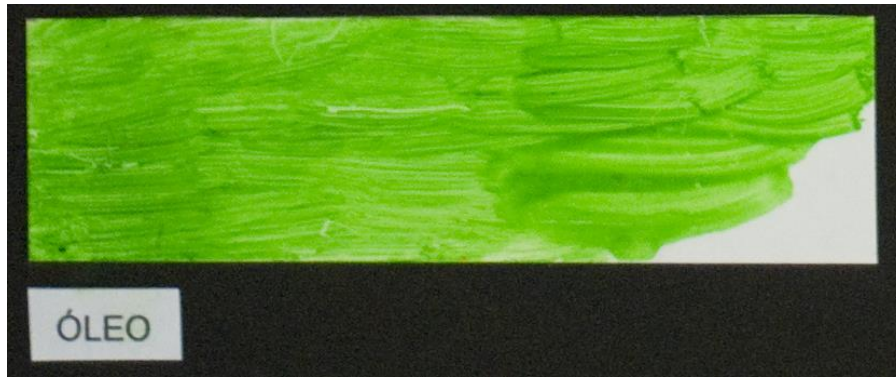


Imagen 94: Prueba de óleo sobre PFU 250.

Aplicación de dos finas capas de aparejo sintético

CARBONCILLO sobre APAREJO SINTÉTICO

Tras la aplicación de dos finas capas de aparejo sintético sobre el papel FPU 250, el soporte admite el carboncillo, aunque el papel se satura bastante rápido y genera polvo. Gracias al aparejo ahora el soporte permite el difuminado del carboncillo.



Imagen 95: Prueba de carboncillo sobre FPU 250 con aparejo sintético.

GRAFITO sobre APAREJO SINTÉTICO

Gracias a la capa de aparejo, el grafito tiene mejor comportamiento sobre la superficie, aunque el papel se satura rápido y se genera polvo de grafito (especialmente al difuminar). Al aumentar ligeramente la proporción de aparejo en disolución, no se desprende tan fácilmente al frotar la capa con el lápiz o con el difumino. Permite el borrado de forma óptima. El aspecto del grafito sobre el papel es ligeramente granuloso y en función de la aplicación de la preparación adquiere distintas texturas.



Imagen 96: Prueba de grafito sobre FPU 250 con aparejo sintético.

LÁPIZ DE COLORES sobre APAREJO SINTÉTICO

El comportamiento del lápiz de color sobre el papel preparado es parecido al que tiene sobre papel convencional. Permite saturación y buen difuminado, aunque la aplicación del aparejo influye en la textura.



Imagen 97: Prueba de lápiz de color sobre FPU 250 con aparejo sintético.

LÁPIZ ACUAREABLE sobre APAREJO SINTÉTICO

Al igual que el con el lápiz de colores, el lápiz acuareable tiene buen comportamiento sobre el papel preparado. La aplicación del color es fácil y uniforme, permitiendo tanto la saturación del color como capas ligeras de color. Al añadir agua se obtiene un color intenso con buen deslizamiento del pincel sobre la superficie.



Imagen 98: Prueba de lápiz acuareable sobre FPU 250 con aparejo sintético.

ACUARELA sobre APAREJO SINTÉTICO

La acuarela sobre el FPU 250 preparado se comporta de forma semejante que sobre un soporte preparado especialmente para acuarela. El color es luminoso y saturado.



Imagen 99 Prueba de acuarela sobre FPU 250 con aparejo sintético.

ACRÍLICO sobre APAREJO SINTÉTICO

El acrílico sobre este soporte tiene buena cobertura y no tarda excesivamente en secar. Se puede lograr una capa bastante opaca sin necesidad de superponer varias capas de pintura.



Imagen 100: Prueba de acrílico sobre FPU 250 con aparejo sintético.

ÓLEO sobre APAREJO SINTÉTICO

El óleo sobre el papel preparado funciona muy bien, se obtiene una buena cobertura, un color luminoso y muy saturado y permite el empastado. Las capas de color quedan muy homogéneas, el pincel se desliza con facilidad.



Imagen 101: Prueba de óleo sobre FPU 250 con aparejo sintético.

FRB 130

Producto:

- Yupo FRB 130 es un grado mejorado basado en FPG. FRB 130 se puede imprimir con tintas offset convencionales con un tiempo de secado más rápido.
- Este papel está diseñado para gráficos y sólo se puede imprimir por una cara.
- FRB 130 asegura resistencia al agua, resistencia química y durabilidad.

Propiedades físicas:

Grosor: 130micron

Peso: 102.7g/m²

Opacidad: 97%

Brillo: Top 53% Back 22%

Luminosidad: 97%

Resistencia a la tracción: 5kg/15mm MD, 16kg/15mm CD

Resistencia al desgarro: 450mN MD, 230mN CD

Rigidez Clark: 64s-value MD, 111s-value CD



Imagen 102: Pruebas sobre FRB 130.

CARBONCILLO

El comportamiento de este papel se asemeja bastante al del papel tradicional, por lo que los resultados al aplicar carboncillo sobre el FRB 130 son muy similares a los que podemos obtener al aplicarlo sobre papel tradicional. Se pueden conseguir variedad de tonalidades de grises y el papel permite el difuminado.



Imagen 103: Prueba de carboncillo sobre FRB 130.

GRAFITO

Sobre este papel, el grafito se comporta de forma muy similar a como se comporta sobre papel tradicional. Se manifiestan las manchas de grasa. Este papel permite el difuminado y el borrado con goma blanda y dura. También se pueden conseguir negros profundos y una gran variedad de acabados.



Imagen 104: Prueba de grafito sobre FRB 130.

LÁPIZ DE COLORES

El lápiz de colores funciona bien con este papel, obteniéndose un color rico y saturado que se puede difuminar. La aplicación es homogénea, pudiéndose obtener degradados sutiles.



Imagen 105: Prueba de lápiz de color sobre FRB 130.

LÁPIZ ACUAREABLE

El resultado de aplicar el lápiz acuareable en seco sobre este papel es muy similar al obtenido con el lápiz de color. Al añadir agua el color queda muy luminoso y saturado, pudiéndose extender homogéneamente por la superficie.

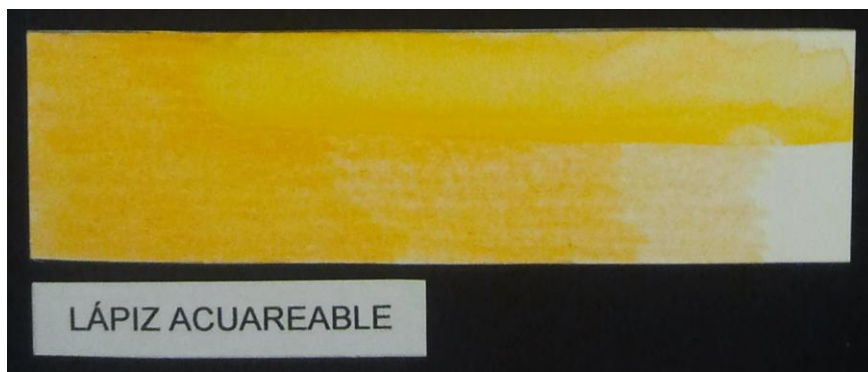


Imagen 106: Prueba de lápiz acuareable sobre FRB 130.

ACUARELA

El papel FRB 130 permite una aplicación controlada de la acuarela y el tiempo de secado de la misma es más corto que con otros papeles sintéticos. Sin embargo, no se logra una gran saturación del color.



Imagen 107: Prueba de acuarela sobre FRB 130.

ACRÍLICO

El acrílico sobre este papel tiene un tiempo de secado inferior comparado con otros papeles sintéticos. Las capas de color obtenidas son sutiles y poco homogéneas, similares a veladuras. Para saturar el color es necesaria la aplicación de varias capas sucesivas.

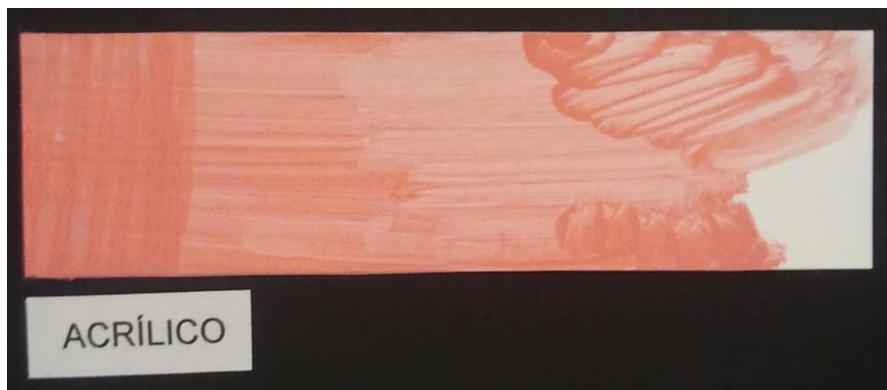


Imagen 108: Prueba de acrílico sobre FRB 130.

ÓLEO

El resultado obtenido al aplicar pintura al óleo sobre este papel es similar al obtenido con el acrílico. Las capas de color son poco homogéneas y no muy cubrientes.

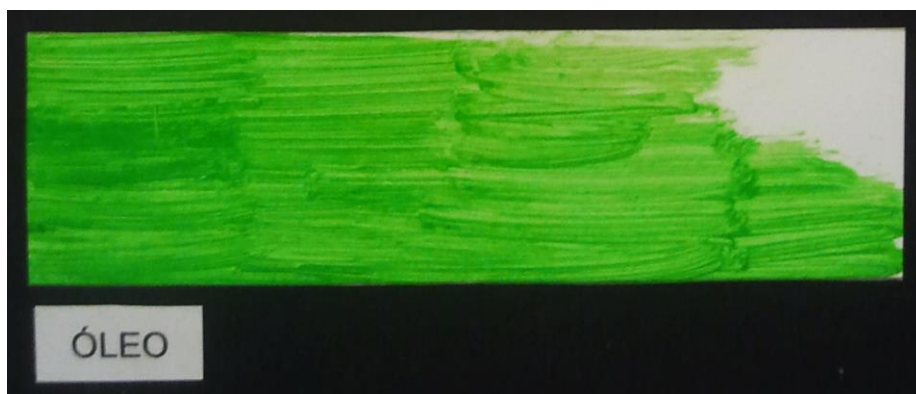


Imagen 109: Prueba de óleo sobre FRB 130.

Aplicación de dos finas capas de aparejo sintético.

CARBONCILLO sobre APAREJO SINTÉTICO

El resultado de aplicar carboncillo sobre el papel FRB preparado es muy similar al resultado obtenido sobre el papel sin preparar, sin embargo

gracias a la preparación podemos obtener negros ligeramente más profundos. Para esta técnica en concreto no se requiere preparar el papel.



Imagen 110: Prueba de carboncillo sobre FRB 130 con aparejo sintético.

GRAFITO sobre APAREJO SINTÉTICO

El resultado de usar esta técnica sobre el papel preparado es un poco sucio ya que se genera polvo de grafito. La aplicación de grafito no es homogénea, aunque permite la variedad tonal y el difuminado. En este caso, la capa de preparación no es necesaria ni recomendable.



Imagen 111: Prueba de grafito sobre FRB 130 con aparejo sintético.

LÁPIZ DE COLORES sobre APAREJO SINTÉTICO

El lápiz de color sobre el papel preparado se comporta de forma muy similar a la prueba anterior sin preparación, aunque se obtiene un color más saturado. El resultado de emplear esta técnica sobre el papel preparado resulta más basto que sobre el papel sin preparar, con una textura más granulada y menos homogénea.



Imagen 112: Prueba de lápiz de color sobre FRB 130 con aparejo sintético.

LÁPIZ ACUAREABLE sobre APAREJO SINTÉTICO

Los resultados obtenidos en seco son muy similares a los resultados obtenidos con el lápiz de color sobre el papel preparado. Se puede lograr una mayor saturación del color gracias a la preparación. Al aplicar agua sobre el color y extender la pintura sobre el papel, la mancha no es del todo homogénea y los bordes de la mancha se manifiestan.



Imagen 113: Prueba de lápiz acuareable sobre FRB 130 con aparejo sintético.

ACUARELA sobre APAREJO SINTÉTICO

Gracias a la preparación del papel, la aplicación de la acuarela es más controlada y el resultado más homogéneo. Se puede saturar más el color al ser el soporte más absorbente.



Imagen 114: Prueba de acuarela sobre FRB 130 con aparejo sintético.

ACRÍLICO sobre APAREJO SINTÉTICO

El acrílico sobre papel FRB preparado tiene muy buen comportamiento. El color es luminoso y la absorbencia de la capa es buena, la cobertura es total cuando se combinan dos capas, y permite el uso de la pintura tanto muy diluida como directamente del tubo.



Imagen 115: Prueba de acrílico sobre FRB 130 con aparejo sintético.

ÓLEO sobre APAREJO SINTÉTICO

El resultado de usar esta técnica con papel preparado es similar al obtenido en la prueba realizada sin preparación del papel. Se obtiene un color saturado y luminoso, con una gran cobertura incluso con la pintura muy diluida. Mejora la absorbencia y el tiempo de secado disminuye ligeramente gracias a la preparación.



Imagen 116: Prueba de óleo sobre FRB 130 con aparejo sintético.

5.2 Ensayo para determinar el comportamiento del papel sintético de nueva generación frente a la acción de diversos agentes químicos líquidos

Objetivo:

El objetivo de estas pruebas consiste en estudiar el comportamiento de las distintas muestras de papel sintético frente a la acción degradante de diversos agentes químicos líquidos. Estos productos, que son utilizados comúnmente junto con las diferentes técnicas pictóricas y de dibujo, podrían atacar al papel sintético impidiendo que cumpla adecuadamente su cometido como soporte.

En este ensayo se someterá a las muestras a la acción de estos agentes químicos líquidos durante un tiempo establecido, y posteriormente se determinará, mediante un examen organoléptico las variaciones físicas observadas.

Fundamento del ensayo:

El ensayo consiste en sumergir completamente las distintas muestras en los diferentes líquidos durante un tiempo y temperatura establecidos. Se determinarán las características de cada muestra antes y después de la exposición.

Condiciones generales del ensayo y procedimiento:

-Líquidos de ensayo

- Agua
- Esencia de trementina
- Aguarrás
- White Spirit
- Etanol
- Amoníaco
- Acetona
- Tolueno
- Disolvente Nitro
- DMF (N, N-Dimetilformamida)
- Ácido acético (vinagre)
- Aceite de linaza

Estos líquidos se han empleado tal y como los vende el comercio.

-Temperatura de ensayo

La temperatura de ensayo, tanto en la inmersión como para la determinación de la masa, dimensiones o características físicas es la temperatura ambiente de la sala de ensayo (media de 25°C)

-Duración de los ensayos

La duración de la inmersión de las muestras en los líquidos es de una semana en la primera prueba y de cinco meses en la segunda. Las mediciones para comprobar las variaciones de peso o dimensiones se efectuaron antes y después de la inmersión, dejando secar la muestra una semana.

-Muestras

Son de un tamaño de 2x2cm.

-Procedimiento operatorio

Se corta la muestra al tamaño deseado.

Se pesan las muestras.

Se introduce cada muestra en uno de los recipientes herméticos de vidrio que contienen los líquidos anteriormente mencionados. El líquido cubre totalmente la muestra.

Al cabo del tiempo determinado se extraen las muestras con pinzas y se colocan sobre papel secante. Se dejan secar el tiempo establecido y se procede al pesado de las mismas.

Resultados:

1 semana después (7días):

En general el comportamiento de las muestras ha sido bastante bueno, con cambios apenas notables.

AGUA

Las muestras no tienen ningún cambio físico después del período de tiempo que estuvieron sumergidas.

Las muestras FRB130, FEB250, QJJ400, QFF400, FEBA300, FPU250 Y PBL250 quedaron flotando. Las muestras TPRA90, BLU150, BLR150 Y RUU400 se depositaron en el fondo del recipiente.

ETANOL

Sin ningún cambio aparente. Las muestras no flotaban.

AGUARRÁS

Las muestras tienen un ligero alabeo después de sacarlas del líquido.

Las muestras se encontraban en el fondo del recipiente.

ACETONA

Sin ningún cambio aparente después de extraer las muestras del recipiente. No flotaba ninguna de las muestras.

WHITE SPIRIT

Las muestras se encontraban en suspensión dentro del recipiente.

Después de su extracción del líquido, presentan un ligero alabeo.

TOLUENO

Las muestras introducidas en el líquido se encontraban en suspensión.

Al extraerlas presentan un alabeo muy pronunciado, especialmente las muestras de menor grosor.

DMF (N, N-Dimetilformamida)

Las muestras se encontraban en suspensión dentro del líquido, y sin ningún cambio aparente después de sacarlas de él.

ÁCIDO ACÉTICO

Dentro del líquido, las muestras se encontraban en suspensión. Sin cambios aparentes tras la extracción de las muestras del recipiente.

AMONÍACO

Sin ningún cambio aparente.

ACEITE DE LINAZA

Las muestras se encontraban en suspensión dentro del aceite, a excepción de RUU400, QFF400 Y QJJ400 (las muestras de mayor peso), que se encontraban en el fondo del recipiente.

Tras sacarlas del líquido se ha podido apreciar que a BLR 150, FEBA 300 y QFF 400 se les había separado o disuelto parcialmente una fina capa superficial, dejándola con una textura gelatinosa.

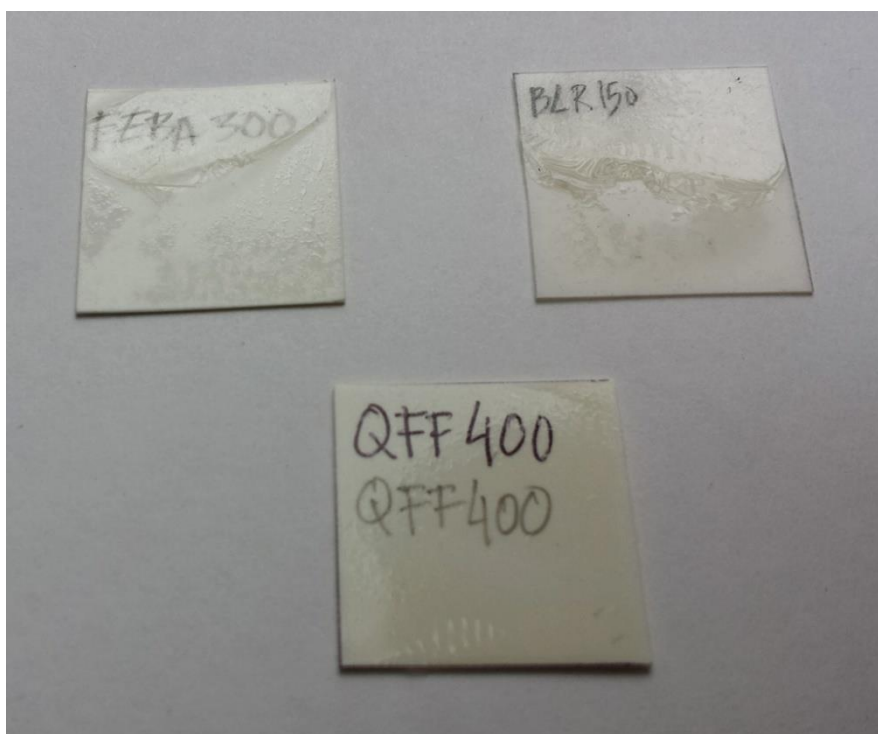


Imagen 117: Muestras de FEBA 300, BLR 150 y QFF 400 después del ensayo.

A continuación se han elaborado unas tablas para mostrar las variaciones de peso de las muestras tras el ensayo:

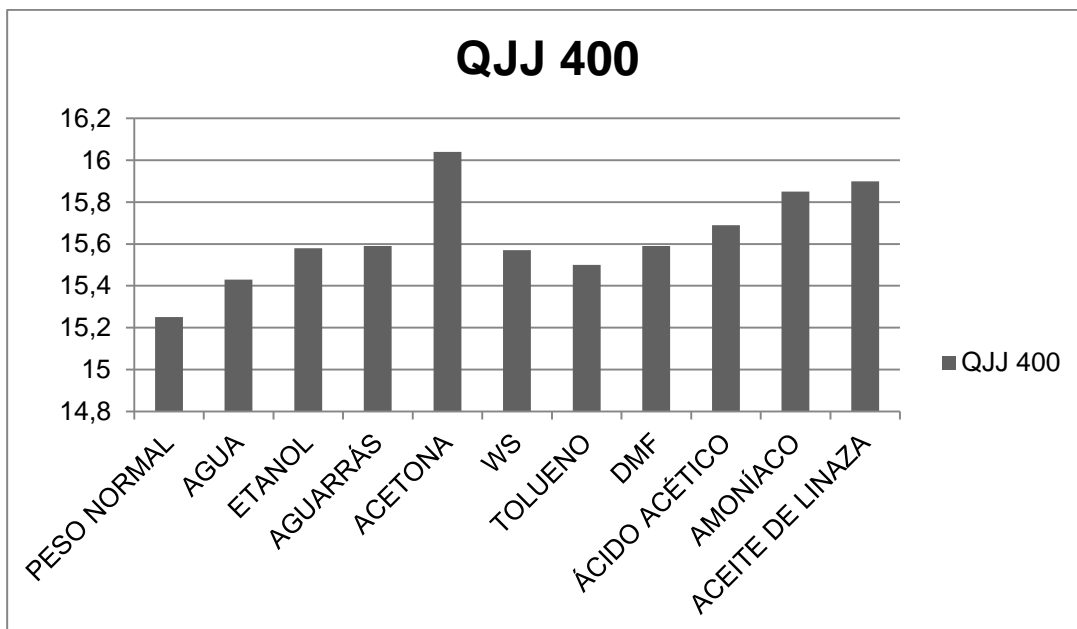
	PESO (gr)	AGUA	ETANOL	AGUARRÁS	ACETONA	WS
QJJ400	0,1525	0'1543	0'1558	0'1559	0'1604	0'1557
FEB250	0'0800	0'0806	0'0812	0'0802	0'0799	0'0793
FRB130	0'0397	0'0412	0'0407	0'0398	0'0400	0'0402

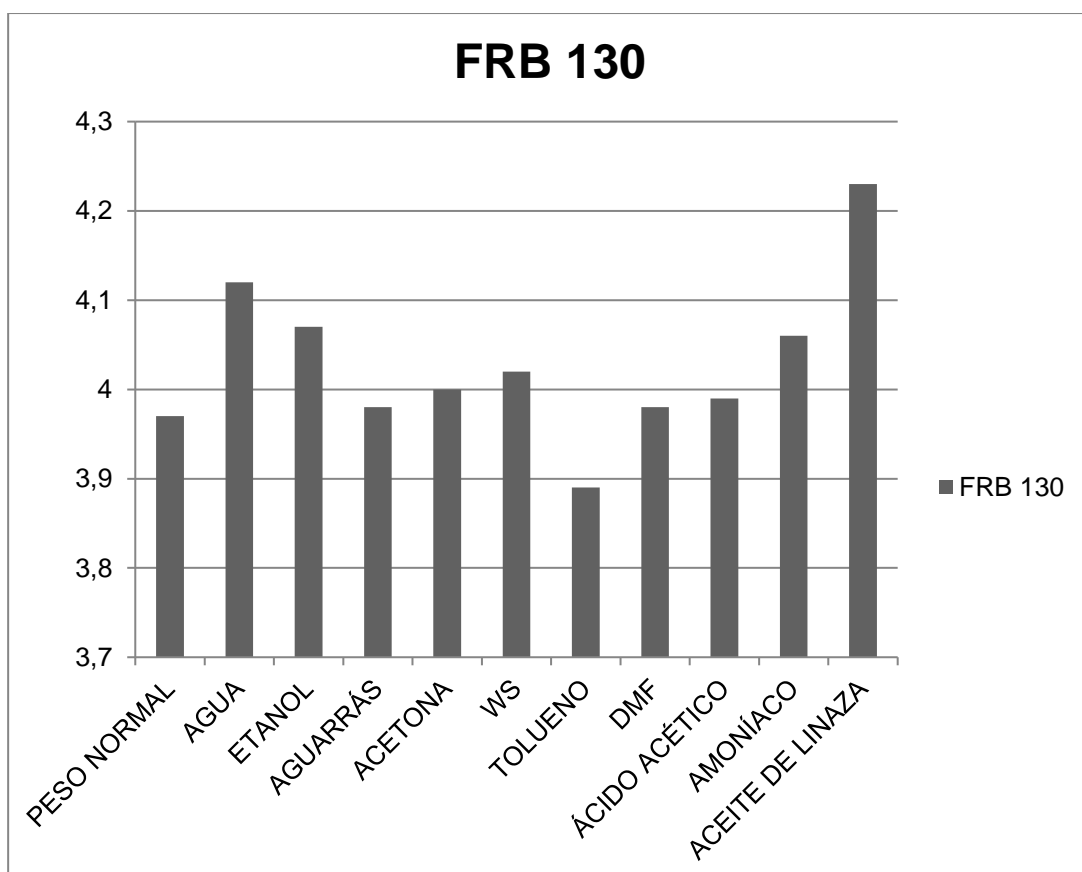
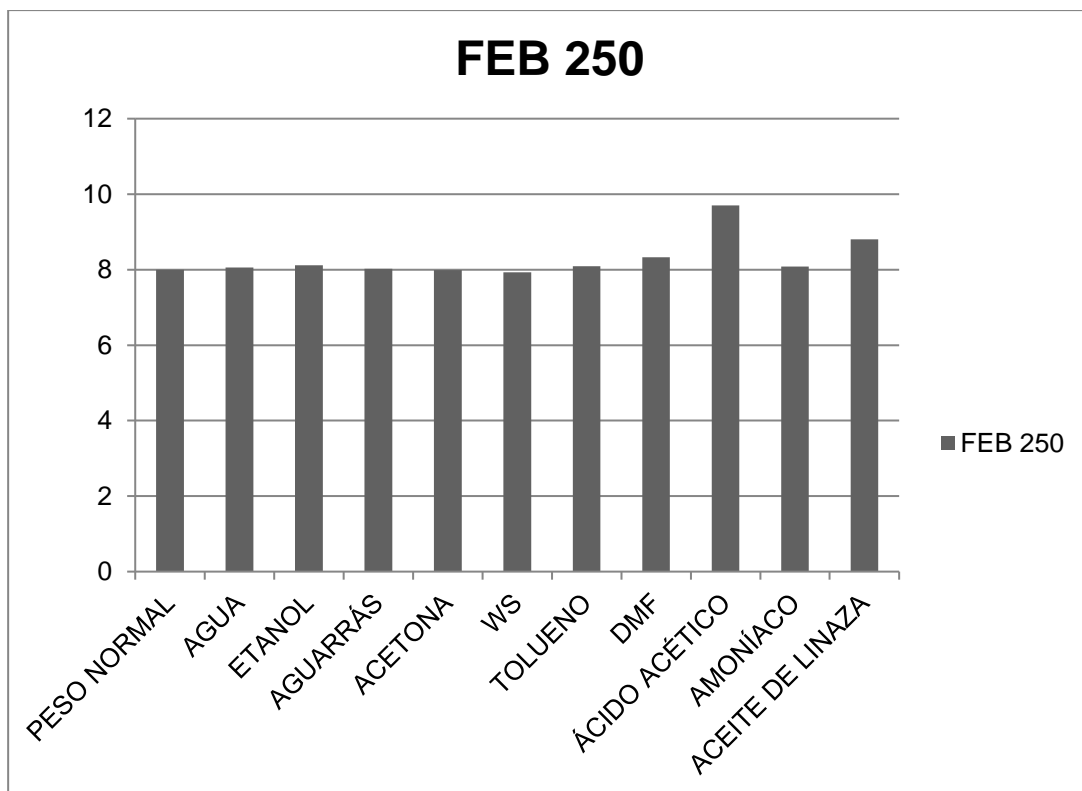
FPU250	0'0782	0'0782	0'0793	0'0796	0'0791	0'0781
QFF400	0'1545	0'1620	0'1631	0'1595	0'1574	0'1616
RUU400	0'1591	0'1617	0'1595	0'1560	0'1565	0'1566
FEBA300	0'0952	0'0995	0'0969	0'0954	0'0937	0'0944
TPRA90	0'0342	0'0355	0'0354	0'0358	0'0348	0'0331
YPBL250	0'0772	0'0788	0'0788	0'0792	0'0778	0'0771
BLU150	0'0585	0'0603	0'0608	0'0597	0'0605	0'0603
BLR150	0'0584	0'0596	0'0603	0'0602	0'0591	0'0593

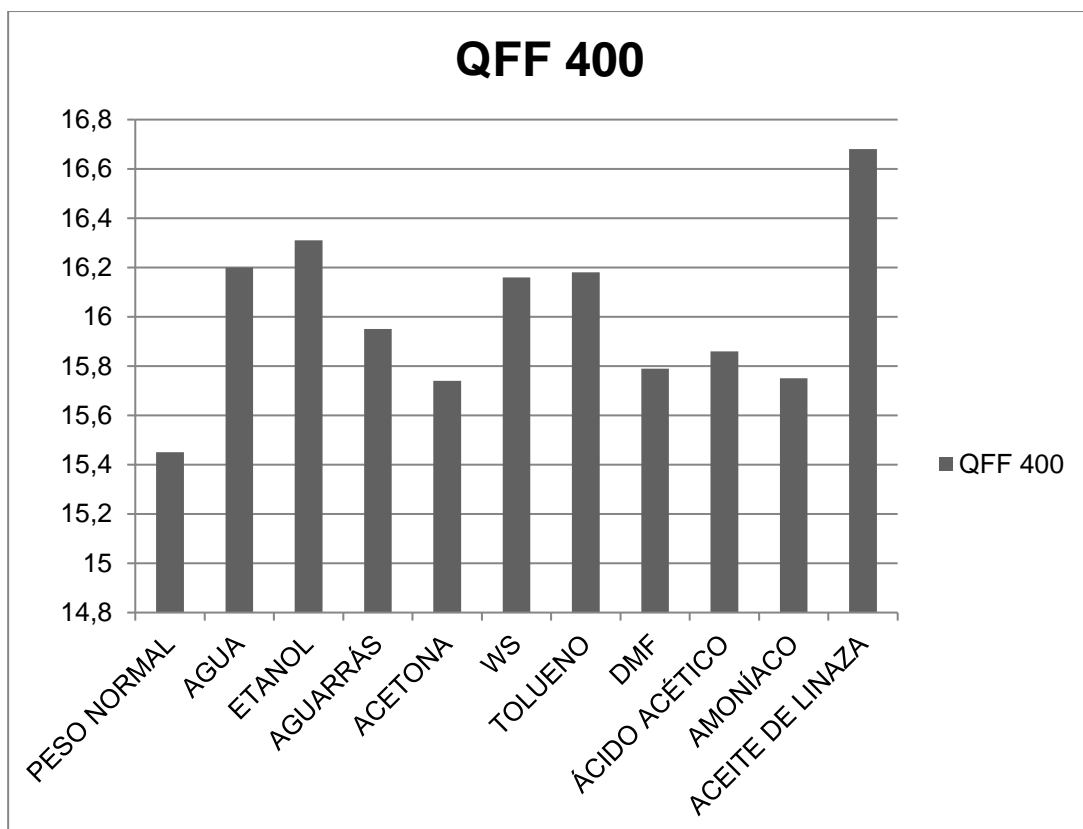
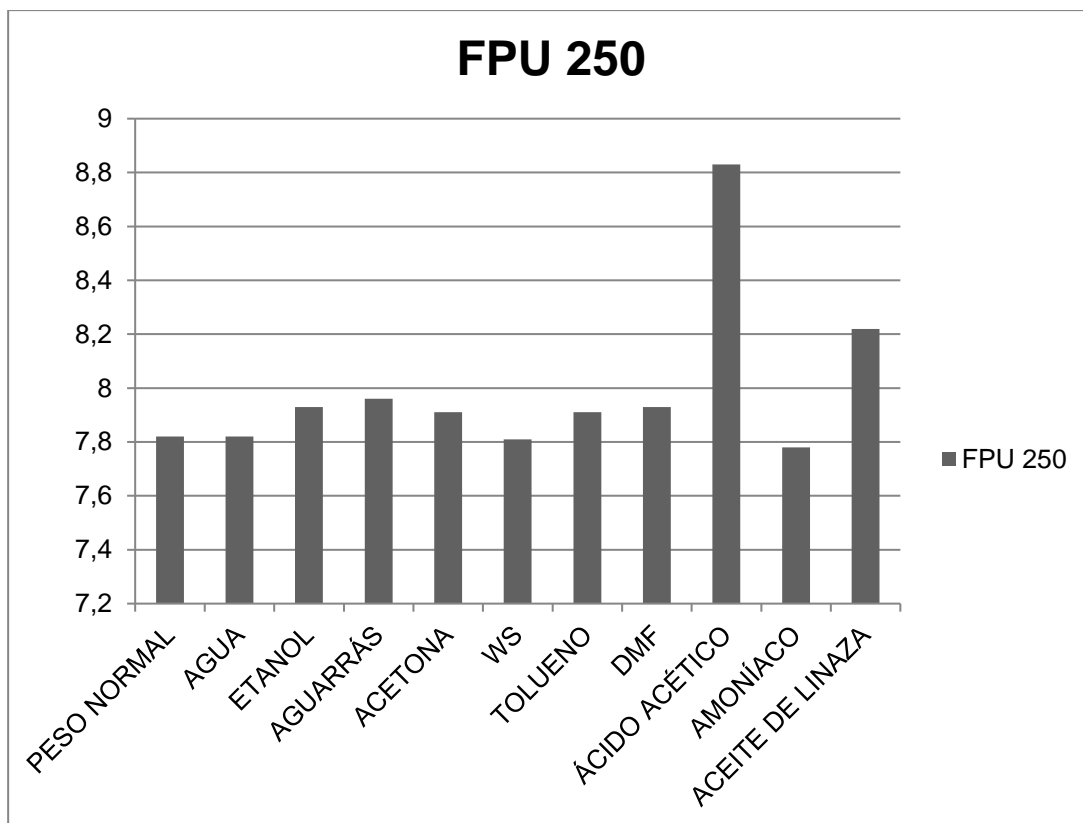
	TOLUENO	DMF	ÁCIDO ACÉTICO	AMONIACO	ACEITE LINAZA
QJJ400	0'1550	0'1559	0'1569	0'1585	0'1590
FEB250	0'0908	0'0833	0'0970	0'0808	0'0880
FRB130	0'0389	0'0398	0'0399	0'0406	0'423
FPU250	0'0791	0'0893	0'0883	0'0778	0'0822
QFF400	0'1618	0'1579	0'1586	0'1575	0'1668
RUU400	0'1624	0'1537	0'01544	0'1527	0'1631
FEBA300	0'0914	0'0977	0'1152	0'0974	0'1098
TPRA90	0'0346	0'0360	0'0369	0'0353	0'0357
YPBL250	0'0776	0'0772	0'0887	0'0783	0'0834
BLU150	0'0594	0'0605	0'0605	0'0596	0'0596
BLR150	0'0606	0'0591	0'0605	0'0599	0'0711

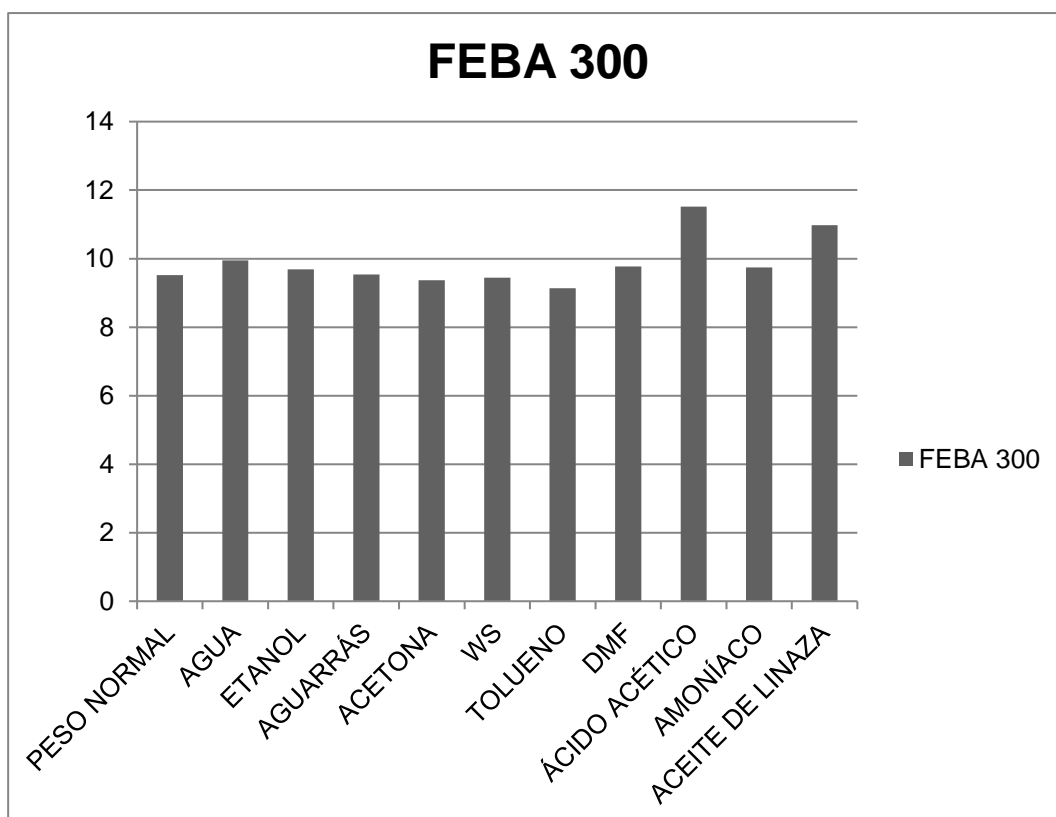
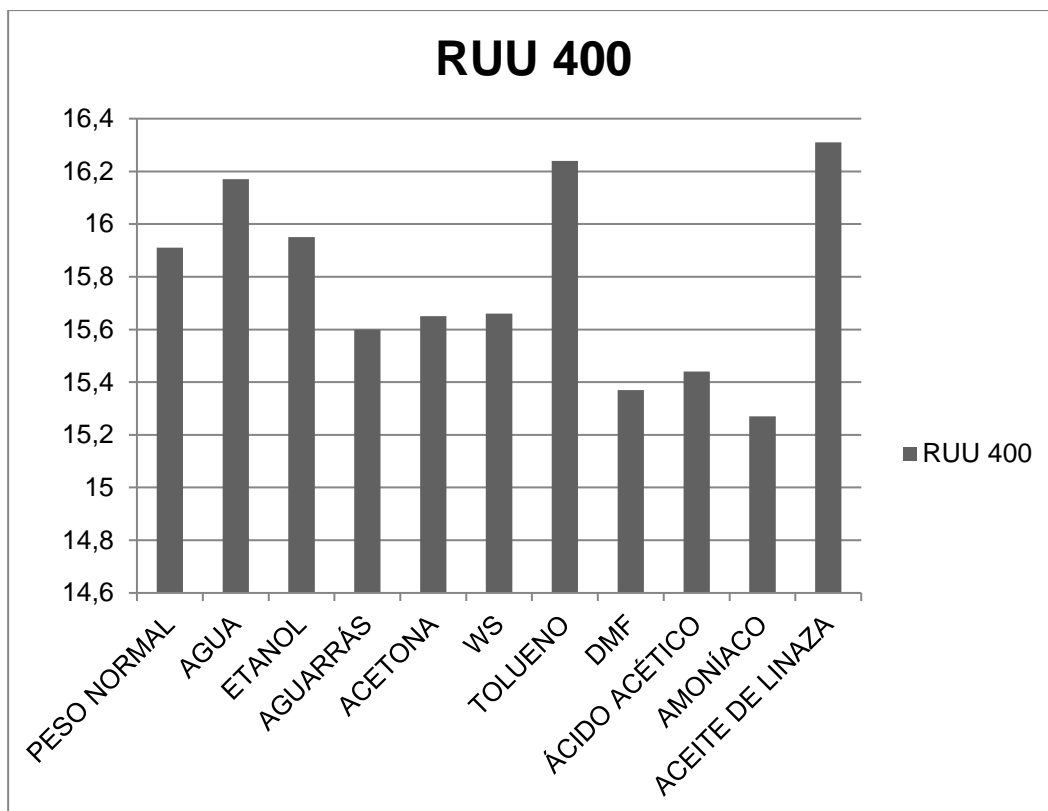
Tabla 3: Variaciones de peso de las muestras después del ensayo.

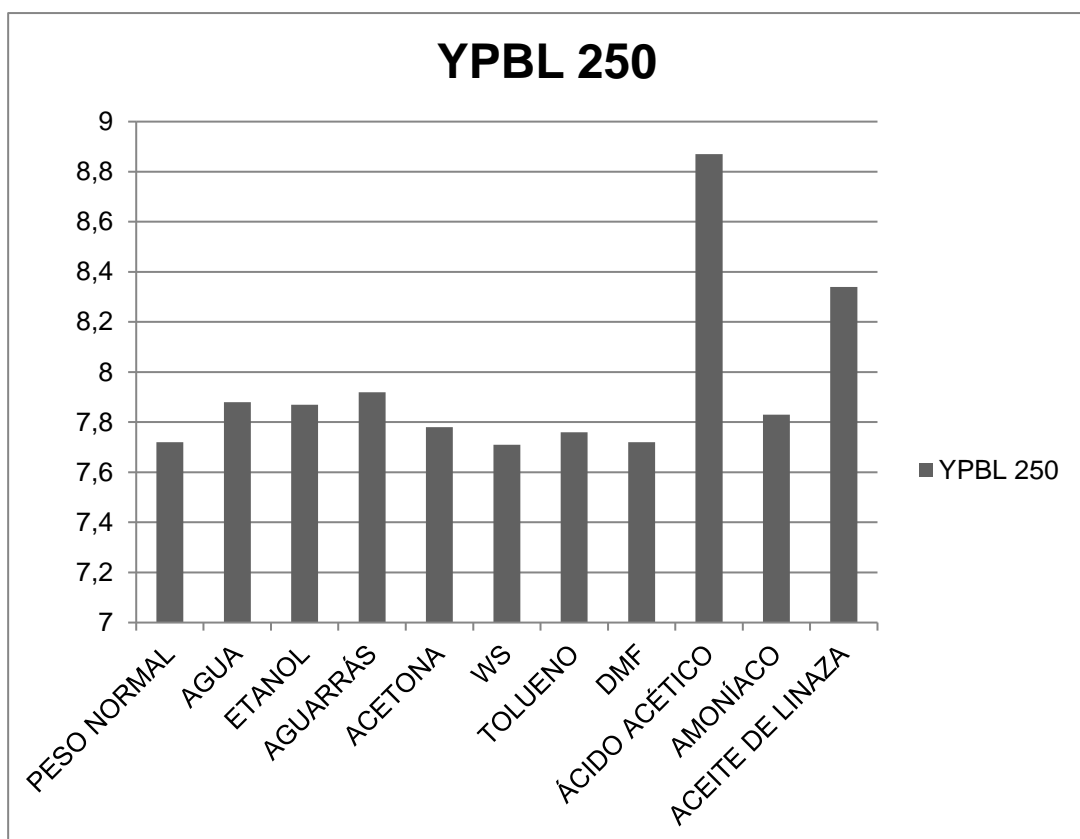
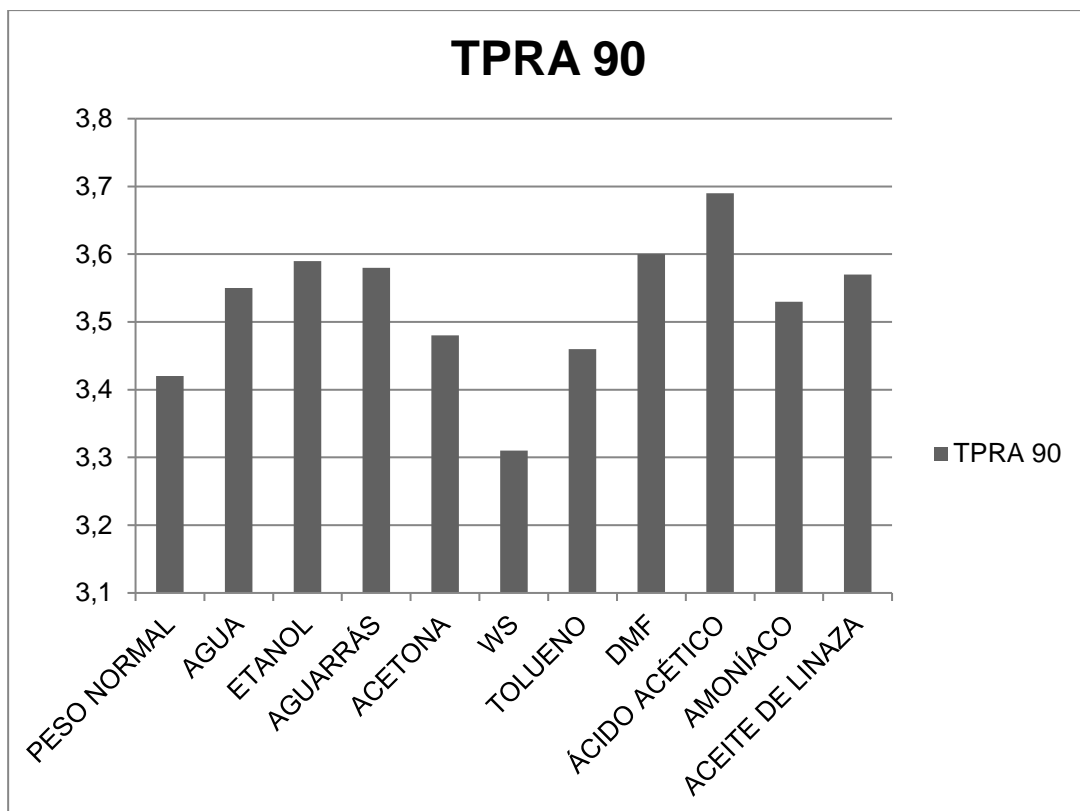
A continuación gráficos de columnas de los datos obtenidos con cada muestra. Medición en 10-2 g (centigramos):

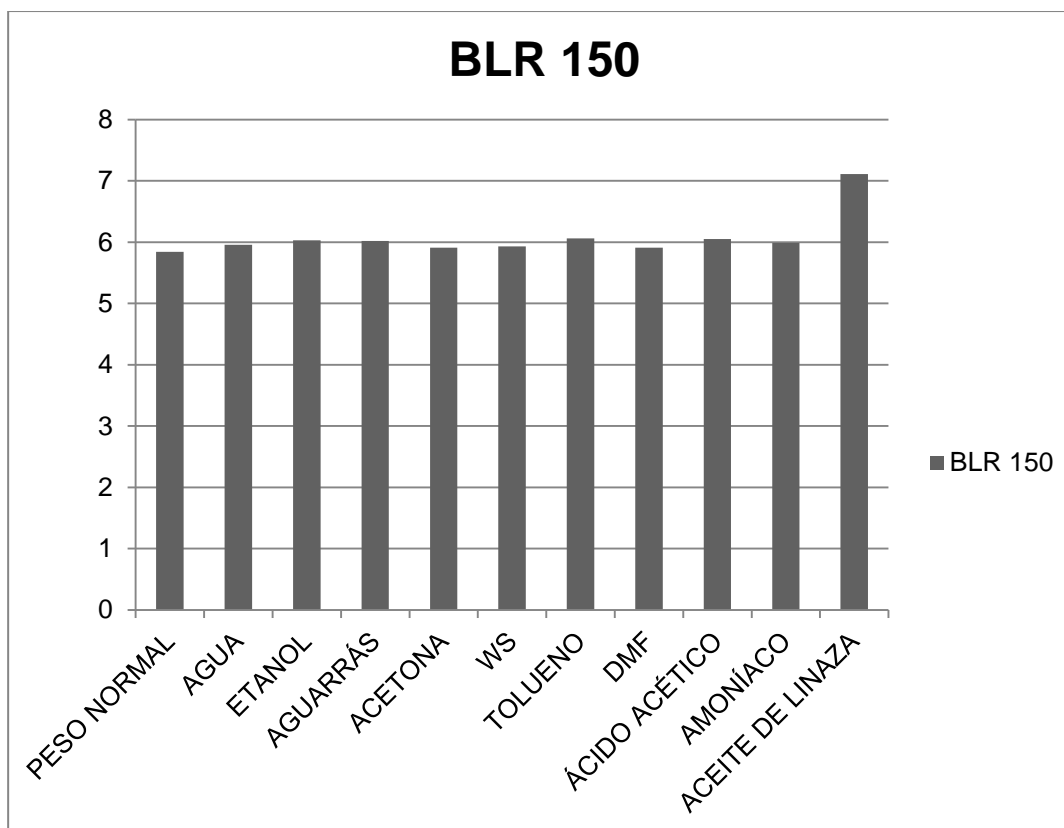
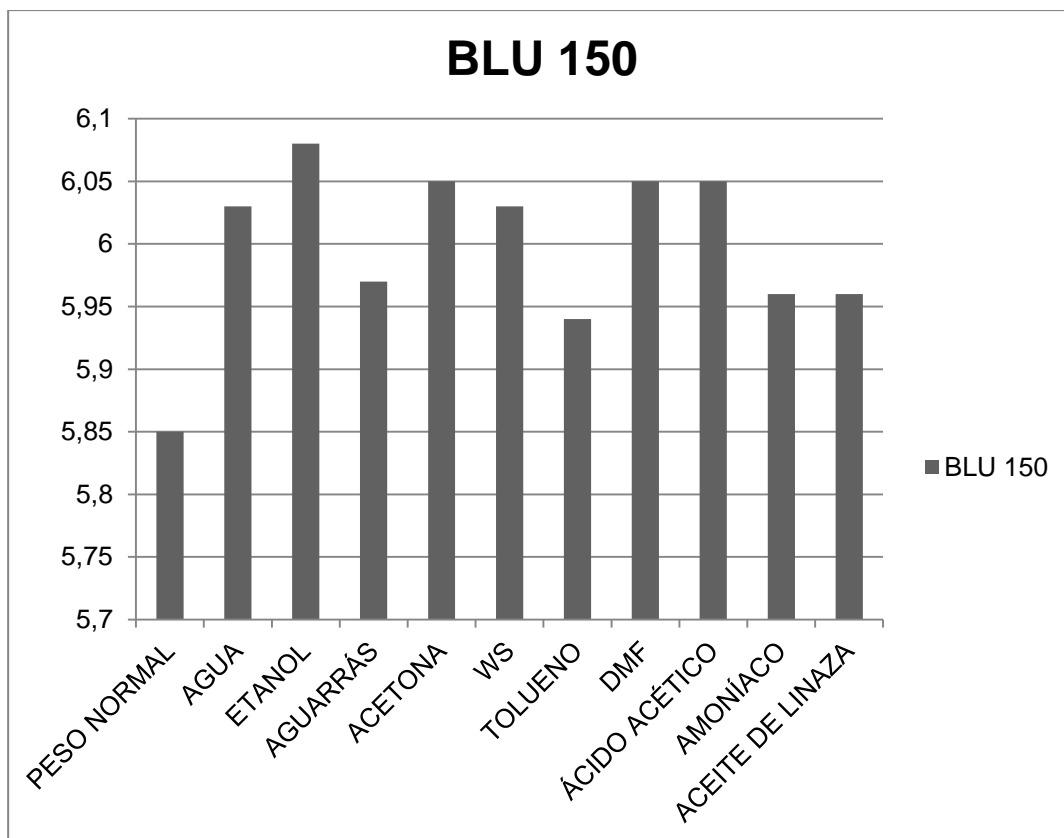












Tablas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14: Variación de peso de las muestras.

A continuación, foto de todas las muestras:

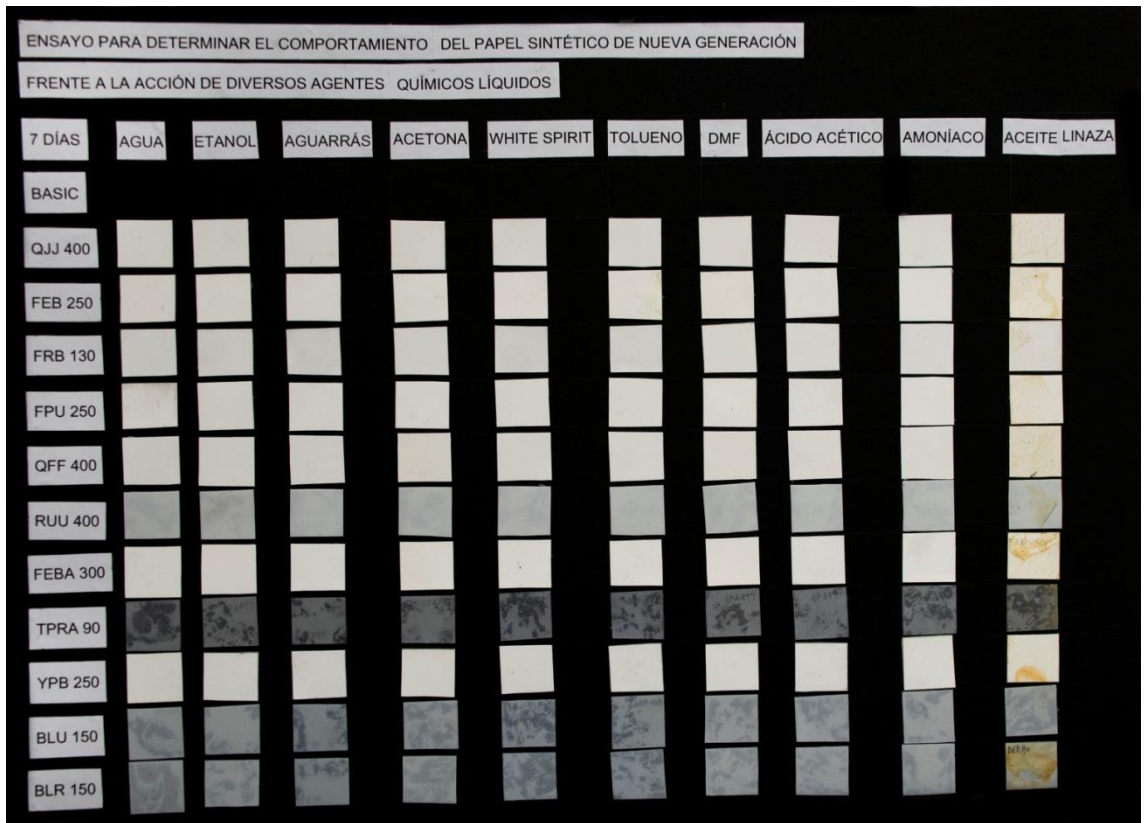


Imagen 118: Muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (7 días).

Resultados después de 5 meses:

En general el comportamiento de las muestras ha sido bastante bueno, con pocos cambios.

En cuanto al estado de las muestras dentro de los distintos líquidos, se mantiene prácticamente igual al descrito anteriormente.

En esta prueba he introducido una muestra de papel BASIC (de base celulósica), un papel versátil y muy usado en el mundo artístico. Será interesante observar las diferencias de comportamiento entre este papel y los papeles sintéticos.

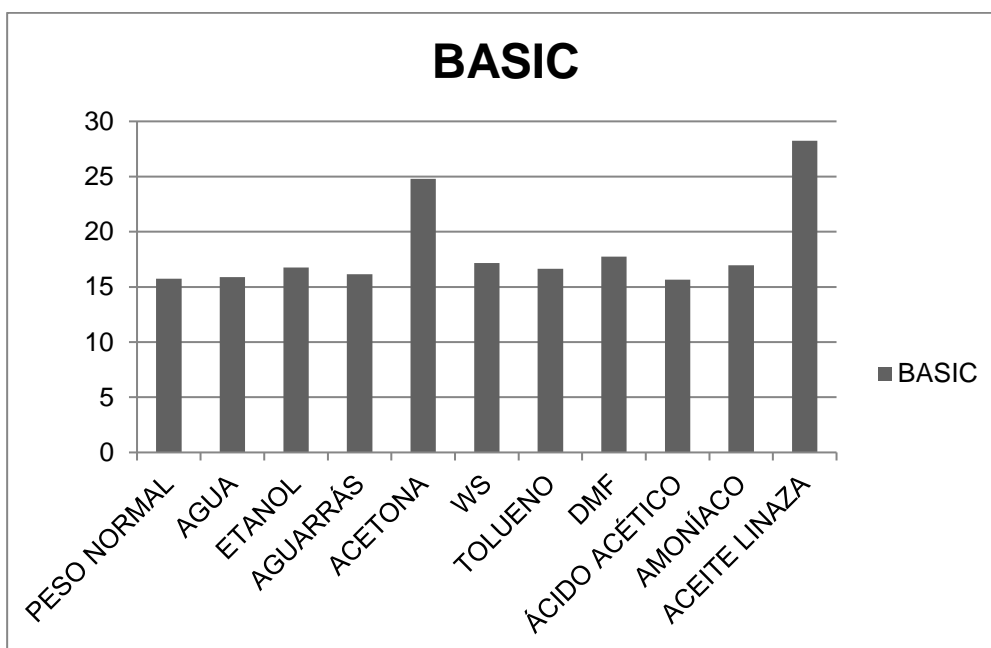
A continuación se han elaborado unas tablas para mostrar las variaciones de peso de las muestras tras el ensayo:

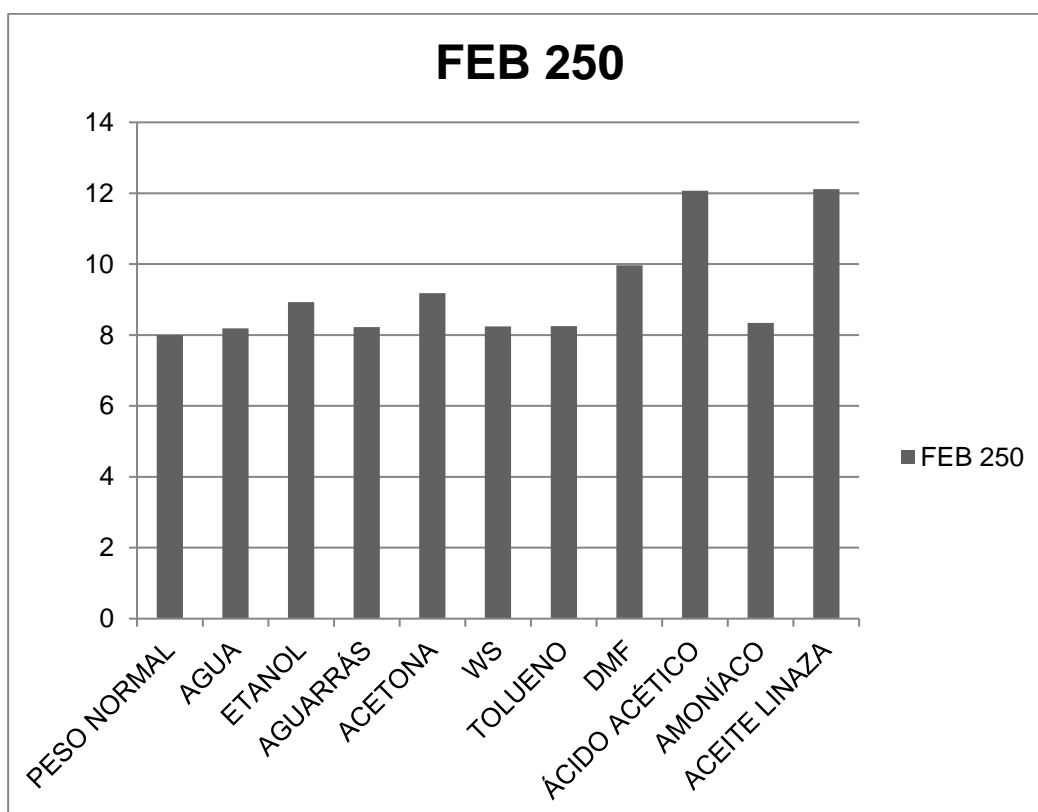
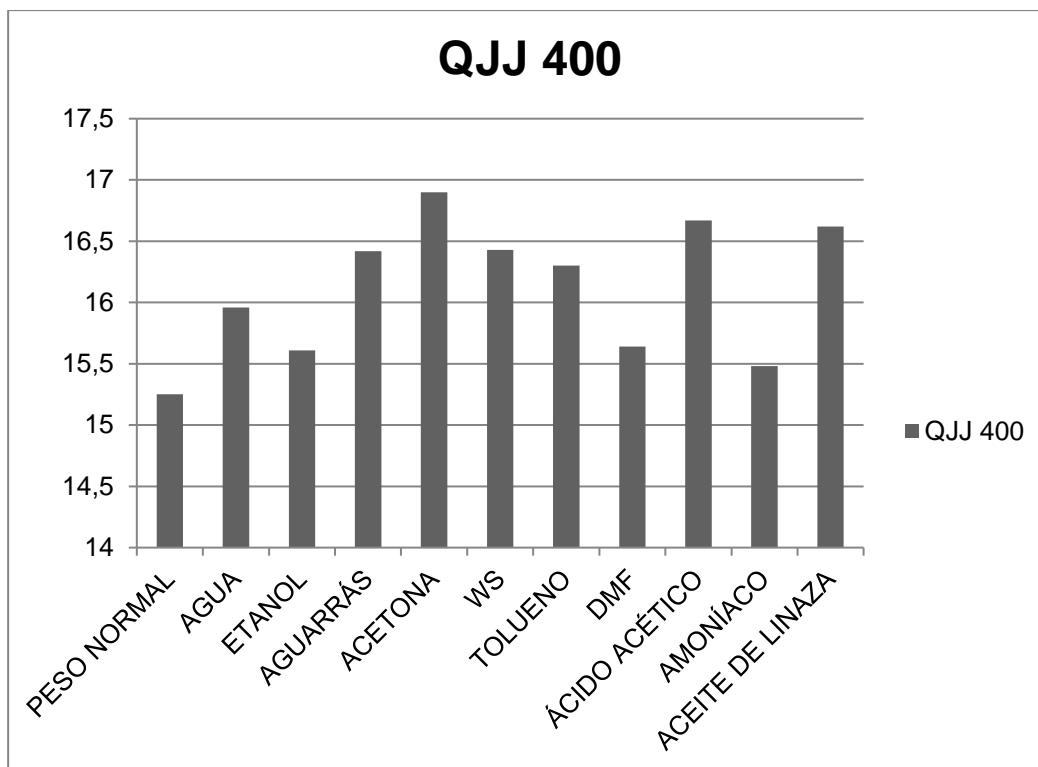
	PESO (gr)	AGUA	ETANO L	AGUARRÁ S	ACETON A	WS
BASIC	0'157 4	0'158 8	0'1677	0'1616	0'2478	0'171 5
QJJ 400	0'152 5	0'159 6	0'1561	0'1642	0'1690	0'164 3
FEB 250	0'080 0	0'081 9	0'0893	0'0822	0'0918	0'082 4
FRB 130	0'039 7	0'040 9	0'0414	0'0410	0'0446	0'042 3
FPU 250	0'078 2	0'081 5	0'0834	0'0815	0'0897	0'081 0
QFF 400	0'154 5	0'162 0	0'1574	0'1646	0'1713	0'159 1
RUU 400	0'159 1	0'157 7	0'1578	0'1666	0'1582	0'161 2
FEBA 300	0'095 2	0'098 1	0'1032	0'0968	0'1067	0'100 3
TPRA 90	0'034 2	0'035 9	0'0356	0'0363	0'0388	0'036 9
YPBL 250	0'077 2	0'077 8	0'0831	0'0811	0'0852	0'080 0
BLU 150	0'058 5	0'061 5	0'0603	0'0608	0'0640	0'061 1
BLR 150	0'058 4	0'060 4	0'0604	0'0600	0'0637	0'061 3

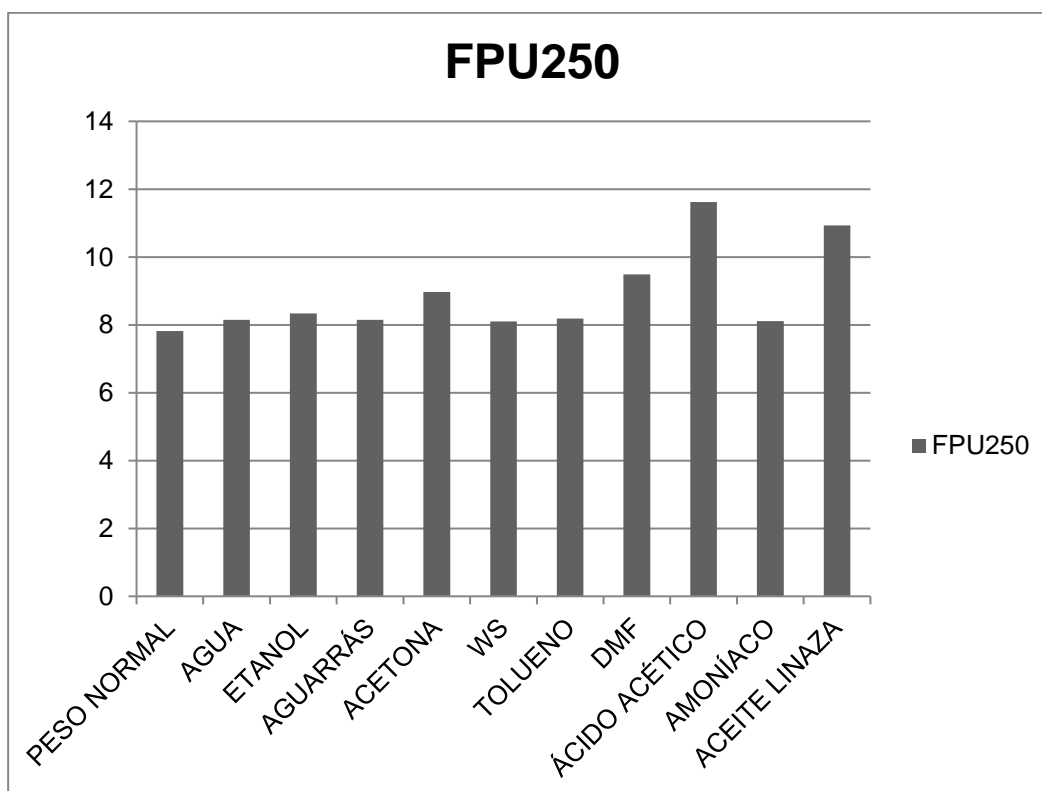
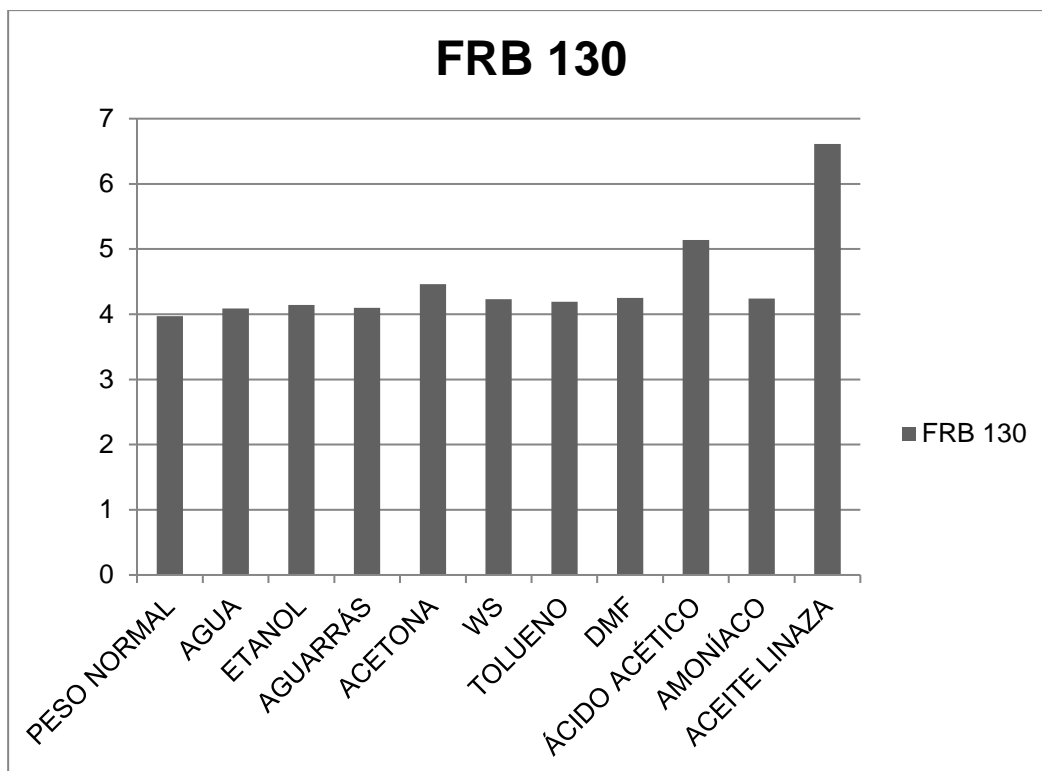
	TOLUENO	DMF	ÁCIDO ACÉTICO	AMONÍACO	ACEITE LINAZA
BASIC	0'1665	0'1774	0'1565	0'1695	0'2815
QJJ 400	0'1630	0'1564	0'1667	0'1548	0'1662
FEB 250	0'0825	0'0979	0'1207	0'0834	0'1212
FRB 130	0'0419	0'0425	0'0514	0'0424	0'0661
FPU 250	0'0819	0'0949	0'1162	0'0811	0'1093
QFF 400	0'1651	0'1602	0'1630	0'1597	0'1664
RUU 400	0'1647	0'1617	0'1606	0'1625	0'1623
FEBA 300	0'0972	0'1178	0'1371	0'0978	0'1370
TPRA 90	0'0362	0'0372	0'0316	0'0352	0'0397
YPBL 250	0'0815	0'0938	0'1119	0'0787	0'1028
BLU 150	0'0612	0'0628	0'0543	0'0620	0'0650
BLR 150	0'0614	0'0609	0'0535	0'0625	0'0628

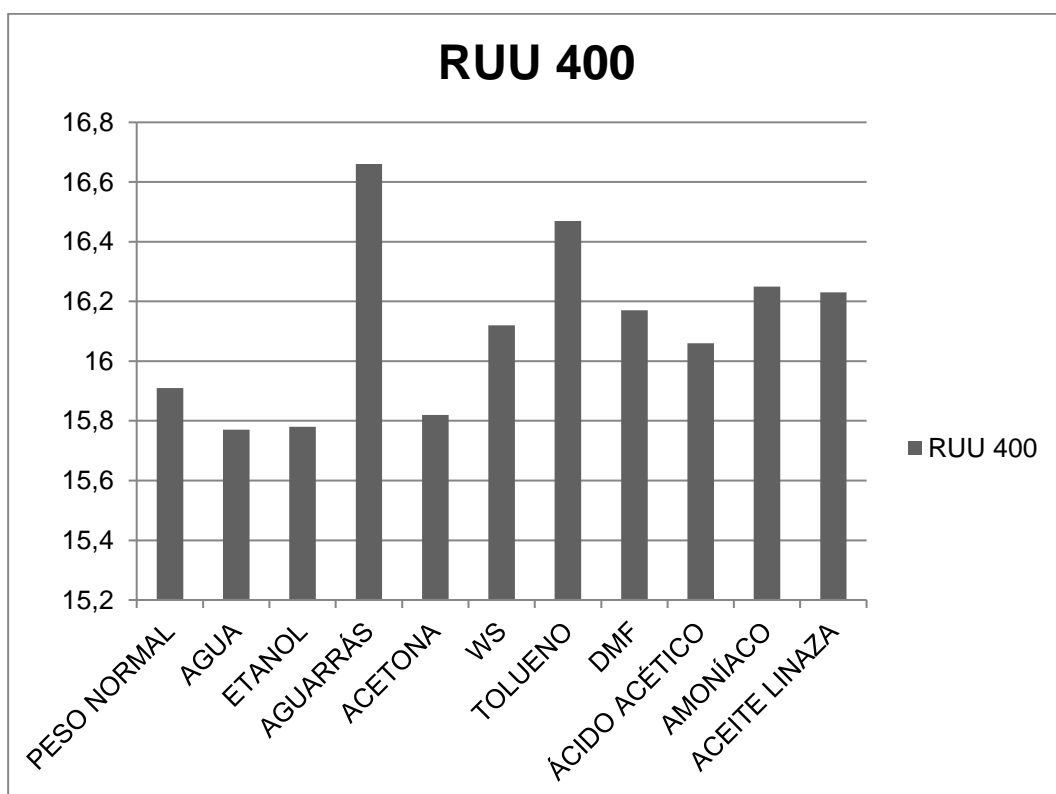
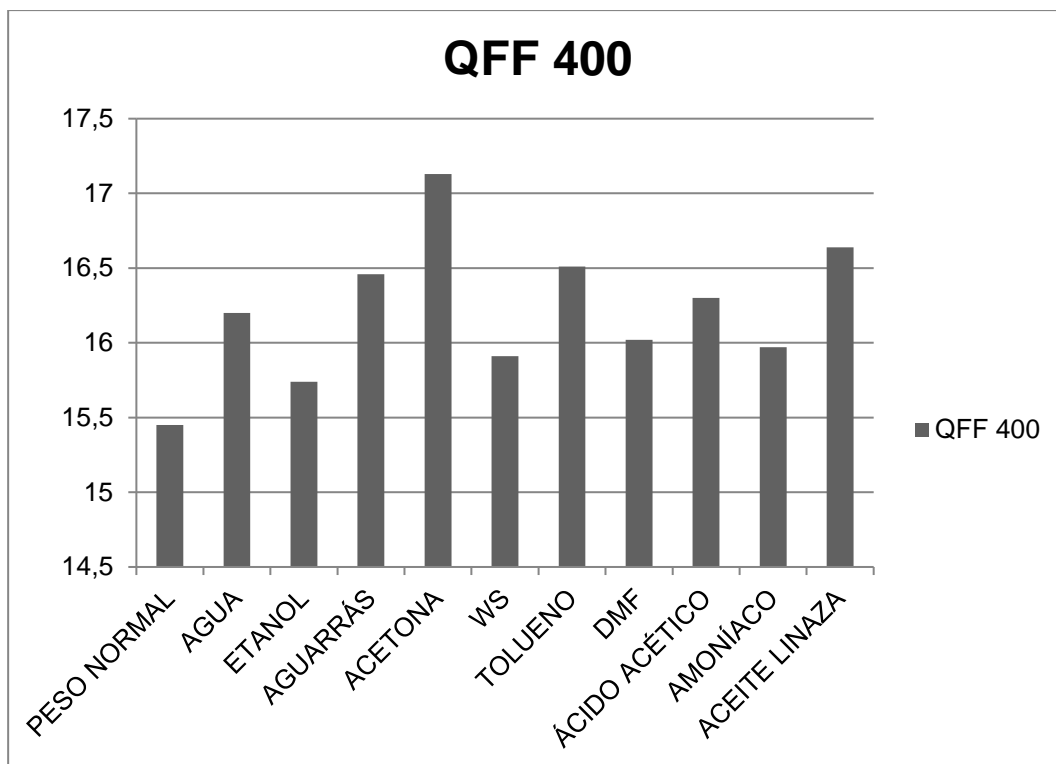
Tabla 15: Variaciones de peso de las muestras tras el ensayo.

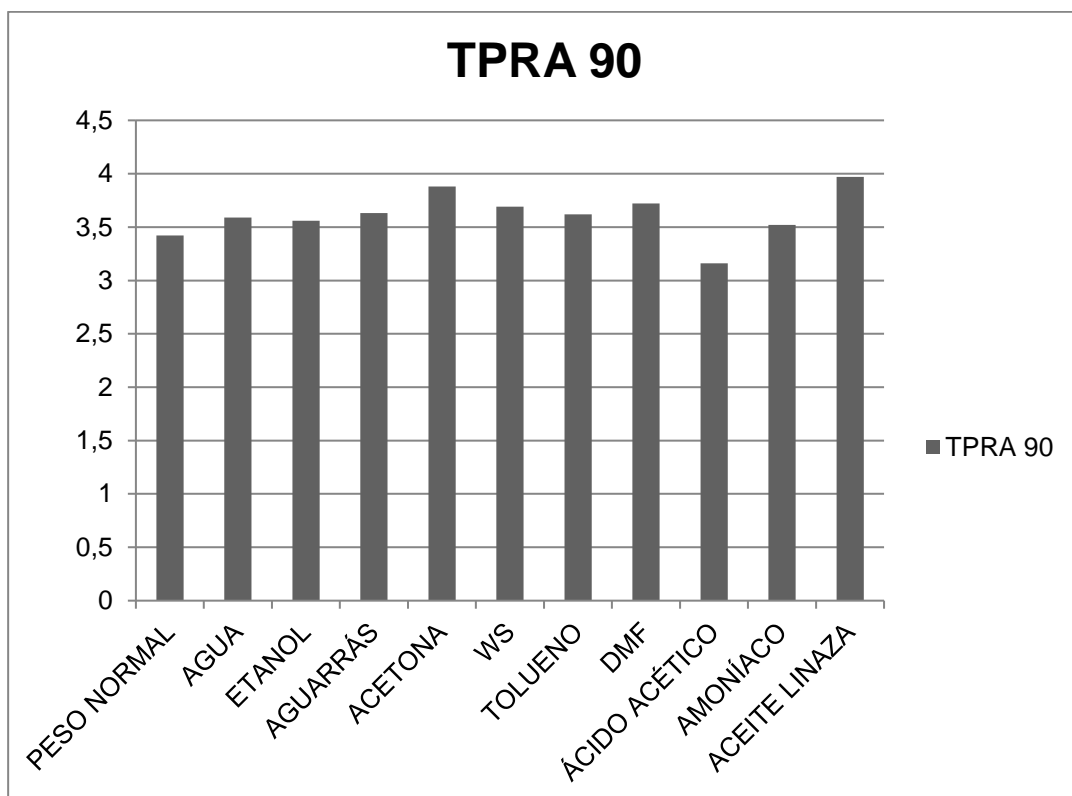
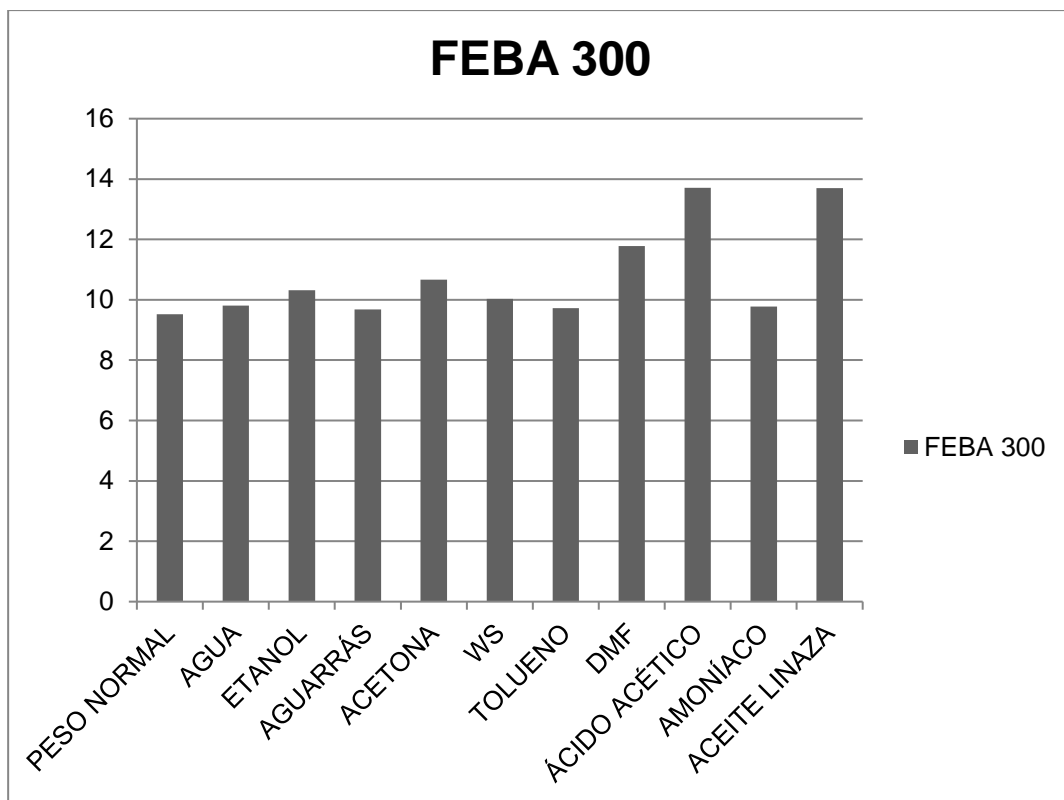
A continuación gráficos de columnas de los datos obtenidos con cada muestra. Medición en 10-2 g (centigramos):

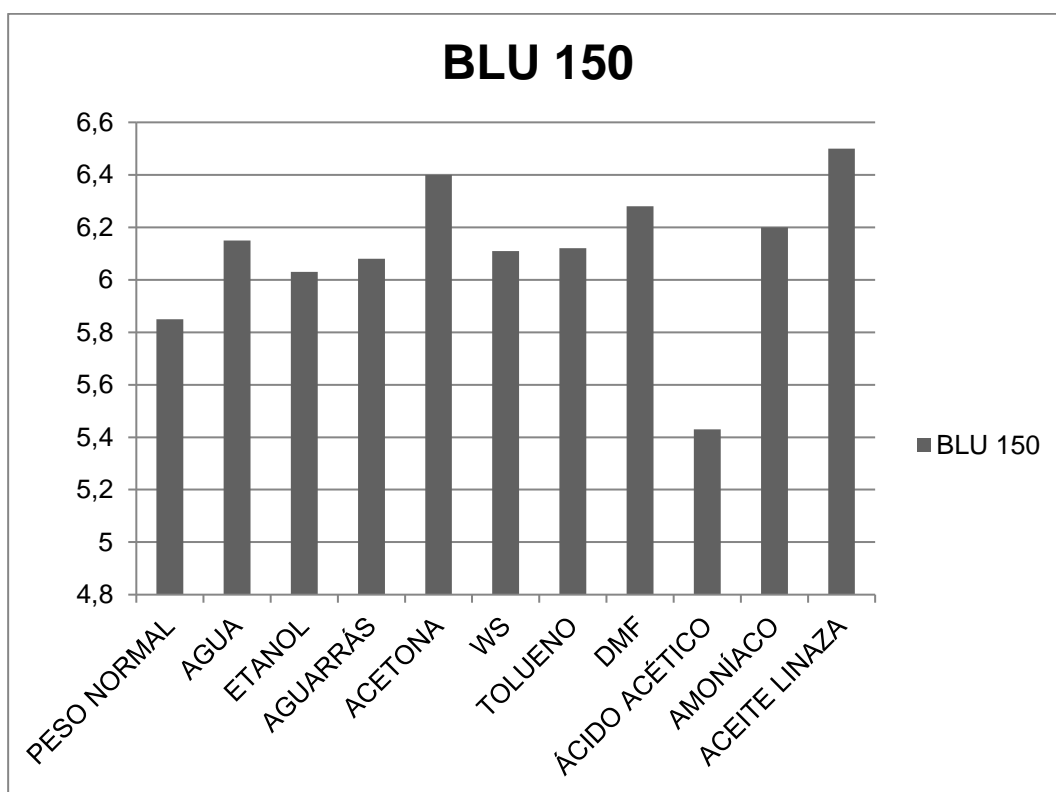
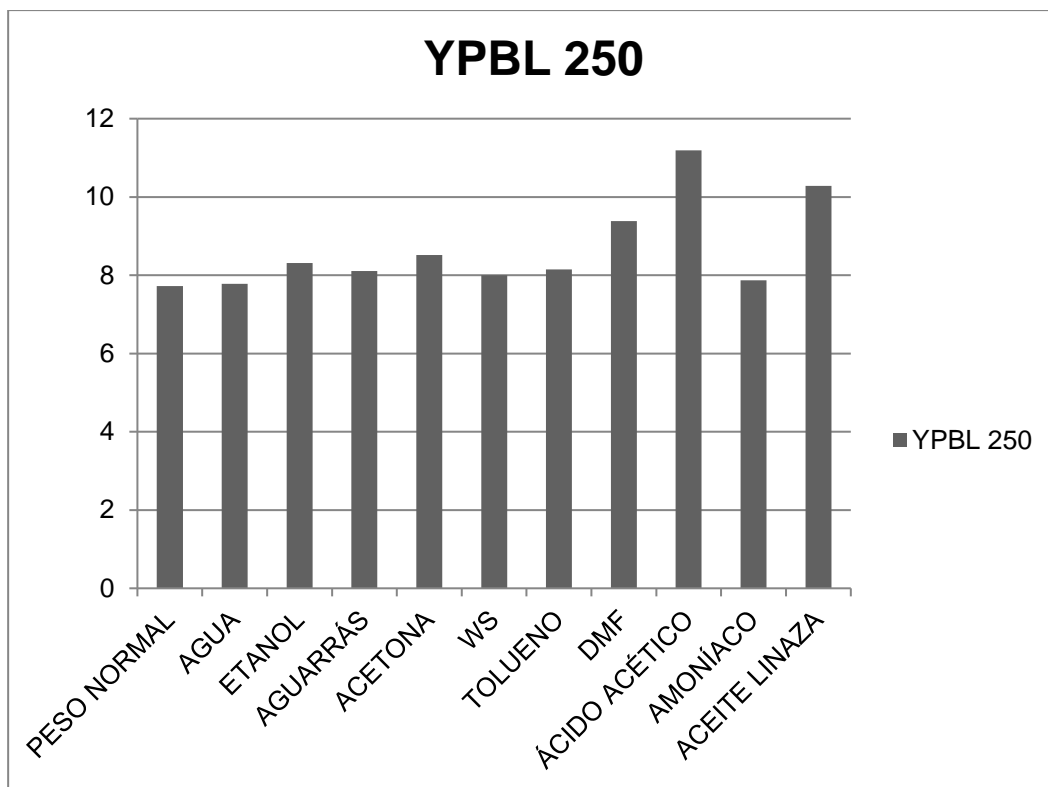


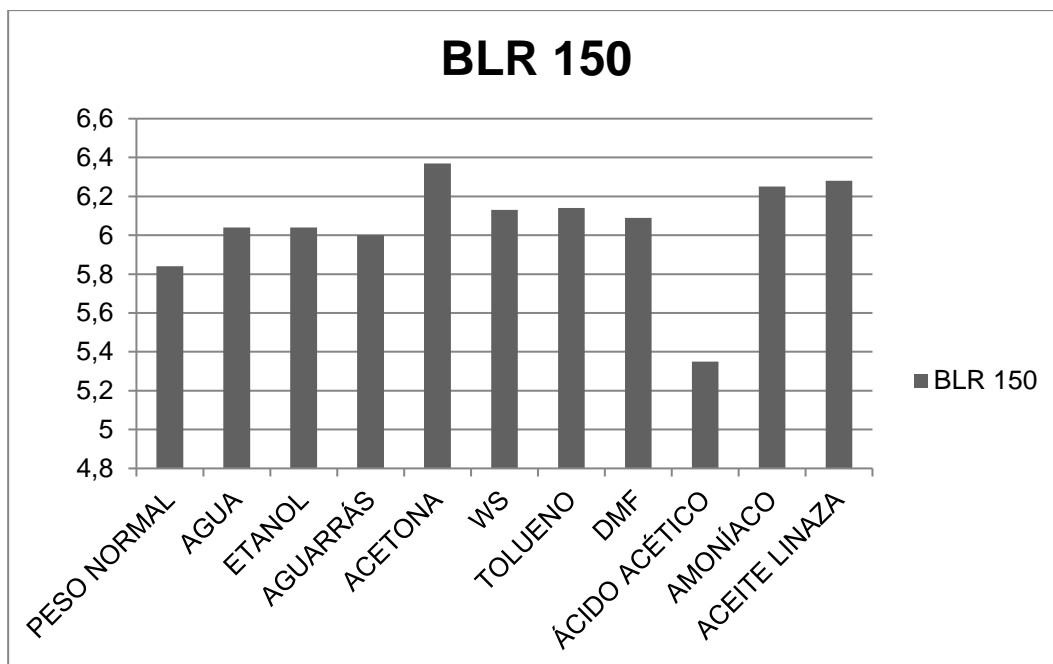












Tablas 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27: Variaciones de peso de las muestras tras el ensayo (2).

A continuación, fotos de las muestras:

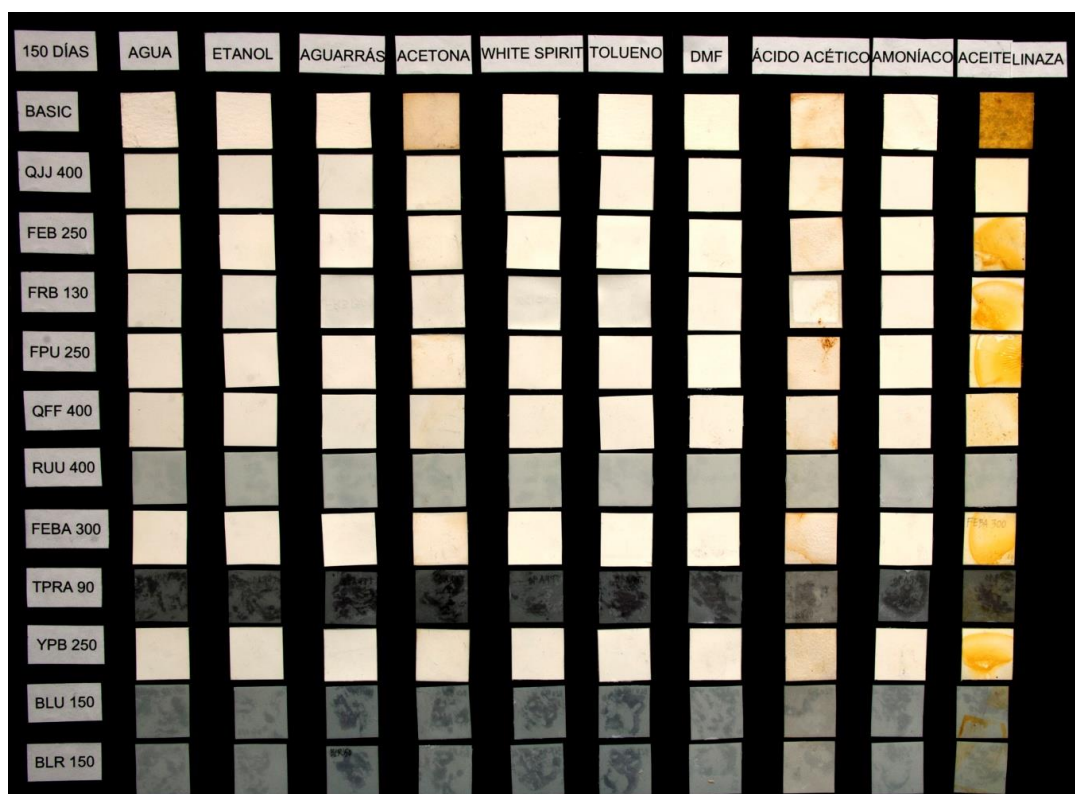


Imagen 119: Muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (5 meses).

En la foto detalle que se puede ver a continuación podemos apreciar mejor el desgaste sufrido por las muestras introducidas en ácido acético y en aceite de linaza. Tal y como pasó con las pruebas de solubilidad realizadas anteriormente, algunas muestras introducidas en aceite de linaza presentan desprendimiento (y tinción) de una película de aspecto gelatinoso. En el caso de las muestras introducidas en ácido acético, las muestras presentan gran erosión superficial, llegando en la muestra FRB 130 al adelgazamiento paulatino de los extremos de la muestra por acción del ácido.

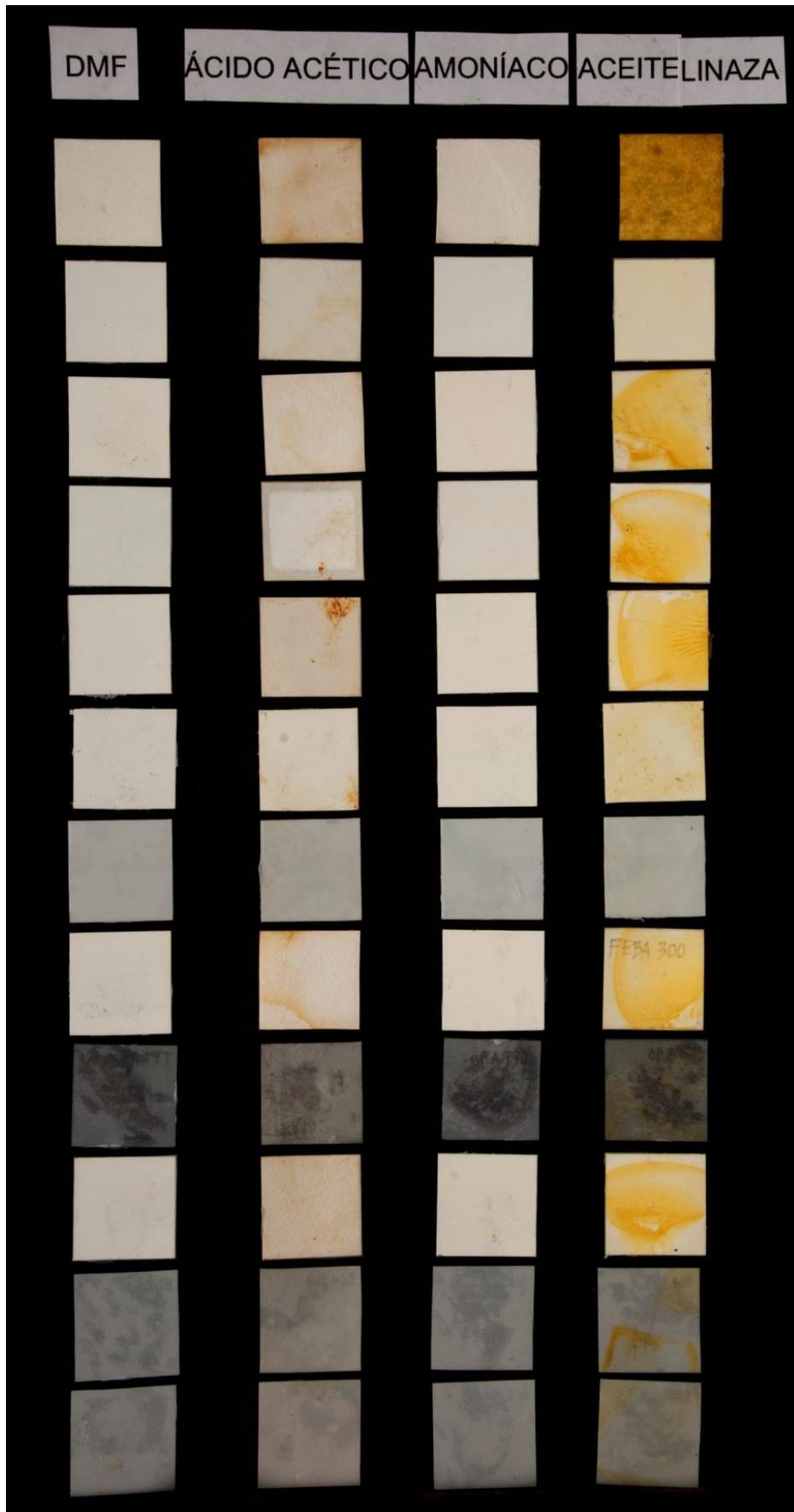


Imagen 120: Detalle de las muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (5 meses).

En las fotografías que aparecen a continuación se pueden apreciar más claramente los daños sufridos mencionados anteriormente:

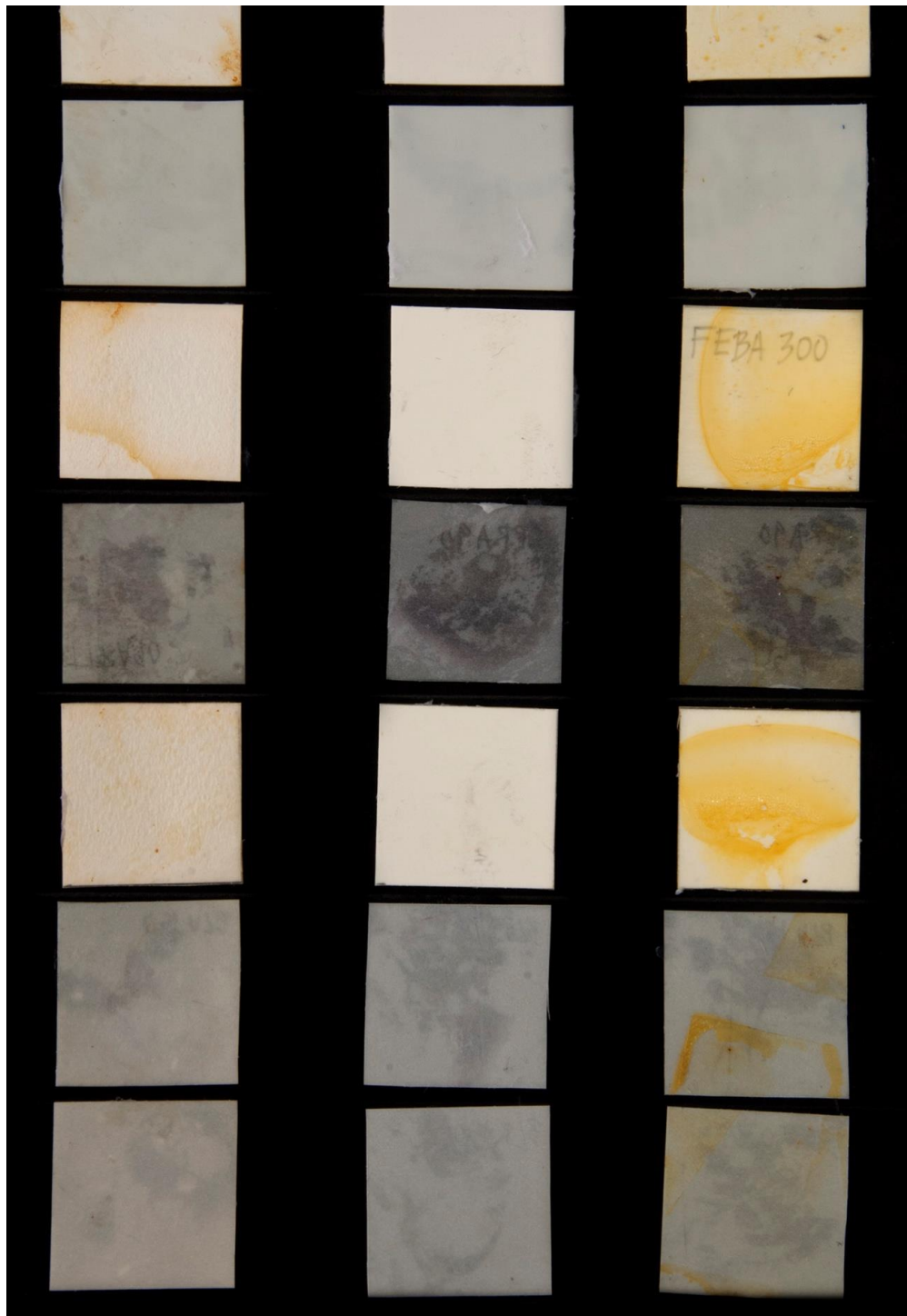


Imagen 121: Detalle de las muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (5 meses) (2).

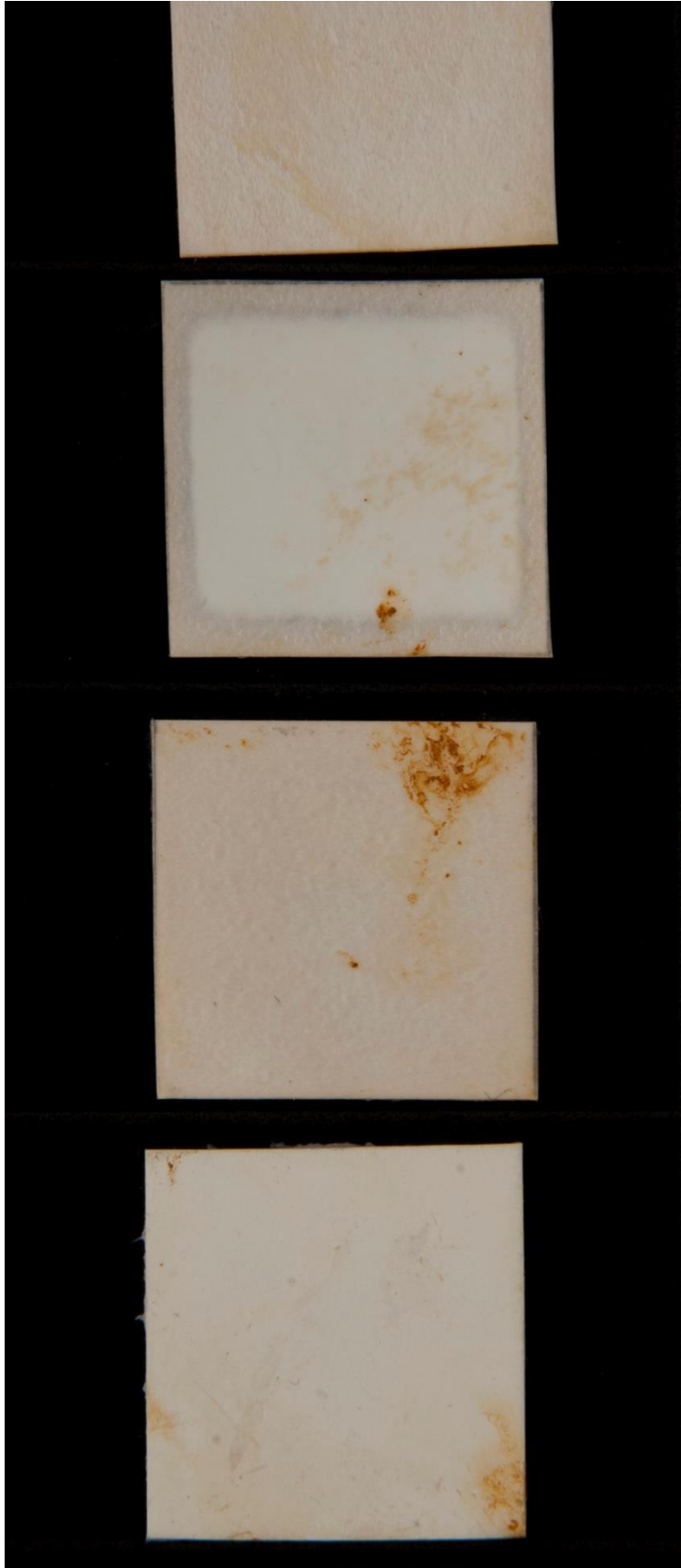


Imagen 122: Detalle de las muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (5 meses) (3).

Conclusiones:

En general los papeles se ven afectados especialmente por el aceite de linaza, que provoca un aumento de peso considerable en las muestras, seguido por el ácido acético, y ocasionalmente acetona. El tolueno y el White Spirit provocan pérdida de peso en algunos papeles.

Aunque los resultados de los pesos de las distintas muestras después de las dos pruebas varían, parece que los papeles tienden a estabilizarse cuanto más tiempo pasan en inmersión. En general, los papeles más estables son TPRA 90 y BLU 150, aunque casi todos se ven afectados de alguna u otra manera por alguno de los líquidos. Cabe destacar el caso de las muestras introducidas en aceite de linaza y en ácido acético durante 150 días, con desprendimiento de material y erosión superficial en algunos casos. Las películas gelatinosas desprendidas de los papeles sintéticos por causa del aceite de linaza suelen estar en la parte posterior del papel, por lo que en el caso de pintar sobre ellos con pinturas al óleo, en principio no debería de haber mayor problema, aunque es recomendable proteger primero el papel con una imprimación.

En cualquier caso, esta prueba de solubilidad es bastante exagerada ya que en condiciones normales ningún papel pasa por estas circunstancias, por lo que aun así, se puede certificar claramente la gran estabilidad de estos papeles sintéticos.

La diferencia de comportamiento de los papeles sintéticos y el papel celuloso es muy notable. Mientras que el papel BASIC se ha visto muy afectado con cambios de peso acusados, amarilleamiento, engrasamiento, etc., los papeles sintéticos expuestos a las mismas condiciones muestran una gran inalterabilidad en la mayoría de los casos.

5.3 Ensayo de envejecimiento acelerado

Introducción:

La luz solar produce diversos daños a materiales, principalmente a plásticos y recubrimientos. Estos daños pueden ser pérdida de propiedades físicas, desintegración, decoloración y/o cambio de color, descascarillado, resquebrajamiento, oxidación, etc. La severidad de los daños (en función del material) varía según la sensibilidad del material y el espectro de la luz.

“Para los materiales duraderos, como son la mayoría de los recubrimientos y plásticos, la luz ultravioleta de ondas cortas es la principal causa de degradación de los polímeros. No obstante, para materiales menos duraderos, como son los colorantes y pigmentos, la luz ultravioleta de ondas más largas, e incluso la luz visible de ondas cortas, puede causar un daño significativo.”⁷⁶

Las principales causas del desgaste de materiales aparte de la luz solar son las altas temperaturas y la humedad en forma de rocío, lluvia, etc. Frecuentemente existen efectos sinérgicos entre la luz solar y la humedad. Algunos materiales pueden ser resistentes a la luz o a la humedad por separado, pero pueden sufrir daños al ser expuestos a la luz y la humedad de forma combinada.

⁷⁶ Q-LAB TECHNICAL BULLETIN “LU-0822 - Sunlight, Weathering, Light Stability” (QUV Accelerated Weathering Tester) 2018 [Consultado el 19/12/2017] Disponible en: <https://www.q-lab.com/documents/public/cd131122-c252-4142-86ce-5ba366a12759.pdf?ReturnUrl=/resources/technical-bulletins.aspx> P. 1



Imagen 123: Daño por luz solar en materiales.

El ensayo de envejecimiento acelerado consiste en un proceso acelerado de exposición de un material a cambios medioambientales para simular sus efectos a largo plazo. Éstas cámaras se usan de forma extensa en investigación y desarrollo, control de calidad y certificación de materiales, ya que gracias a ellas obtenemos resultados rápidos, repetibles y reproducibles.

El espectro de la luz solar se divide en luz ultravioleta (radiación inferior a 400 nanómetros (nm), luz visible (radiación entre 400 y 760 nm) y energía infrarroja (a partir de 760nm):

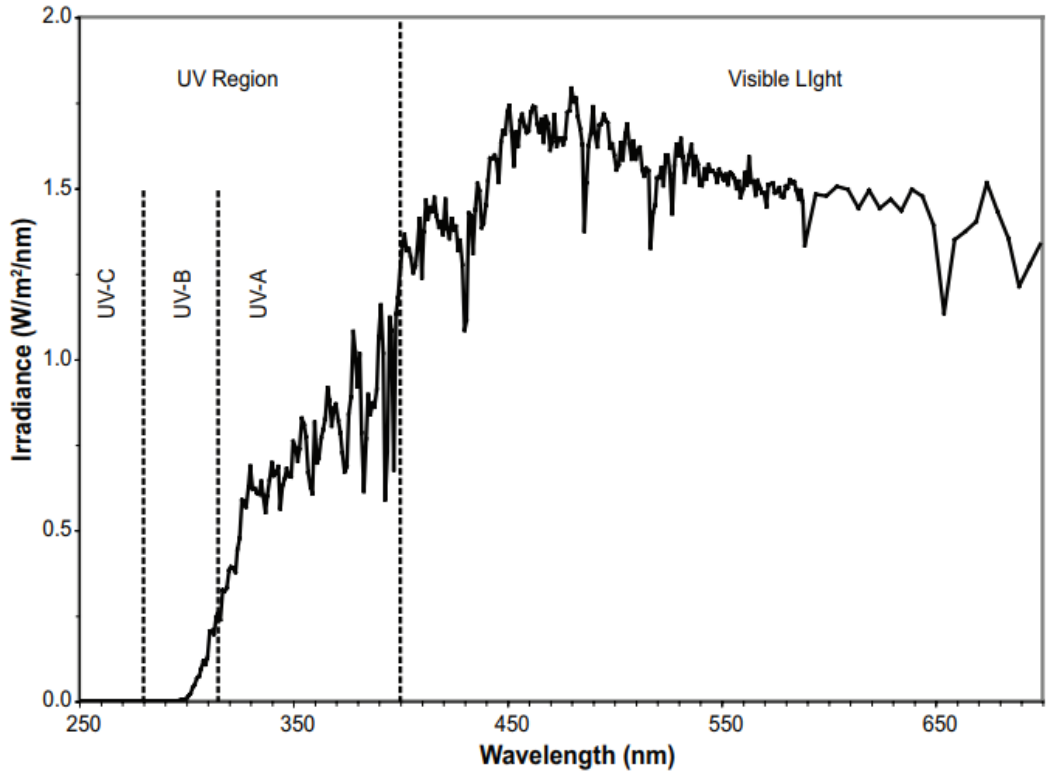


Imagen 124: Espectro de la luz.

La luz solar varía durante el día, al igual que la luz ultravioleta, que es capaz de filtrarse a través de nubes, contaminación, etc. En el siguiente gráfico se expone la distribución de la energía espectral de la luz solar durante el transcurso de un día:

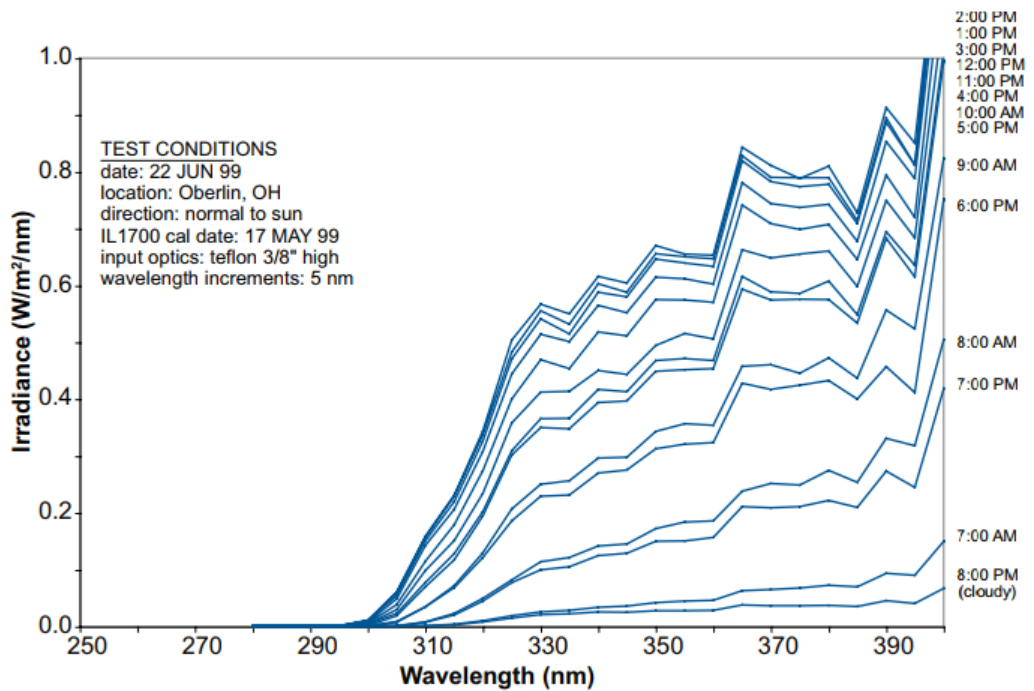


Imagen 125: Distribución de la energía espectral de la luz solar a lo largo del día.

Al igual que la luz solar varía durante el día, también lo hace durante el transcurso de un año (hay más luz en verano que en invierno y el máximo solar, que es la condición más severa, se corresponde con la luz del mediodía del día del solsticio de verano). Esto afecta de manera distinta a los materiales expuestos a ella, y depende de la sensibilidad espectral del material en sí.

“La sensibilidad espectral es una medida de cómo el daño, causado por una unidad de energía lumínica, varía de acuerdo a la longitud de onda de la luz. La sensibilidad espectral puede variar de un material a otro y materiales similares, formulados para la misma aplicación, pueden tener sensibilidades espectrales significativamente diferentes. La sensibilidad espectral determina si un material es sensible a las longitudes de onda cortas, a las longitudes de onda largas o a ambas.”⁷⁷

La luz incide en los materiales mediante reacciones fotoquímicas causadas por fotones de luz, que rompen los enlaces químicos. Las longitudes de onda son capaces de romper los enlaces, la radiación infrarroja afecta a la degradación debido al aumento de temperatura, que causa degradación térmica (no fotodegradación, aunque puede promoverla).

“...la luz infrarroja (IR) también puede afectar la degradación debido al aumento térmico. Además, la luz infrarroja puede causar la degradación térmica en algunos materiales. Y si bien la luz infrarroja no causa fotodegradación, las temperaturas elevadas que crea conducirán a un aumento de la velocidad de degradación fotoiniciada.”⁷⁸

Objetivo:

En este caso, la pretensión es de comprobar los efectos de la radiación solar en los papeles sintéticos. Para este propósito se utilizó una cámara de envejecimiento acelerado de 7 circuitos de lámparas independientes. Cada circuito de lámparas lleva un contador horario que totaliza las horas de funcionamiento. Esto nos permite controlar la duración efectiva de los ciclos de ensayo y el envejecimiento de las diferentes lámparas.

Las pruebas de papel sintético están cortadas a un tamaño de 3x5cm y montadas en un soporte de medidas adecuadas para su correcta colocación dentro de la cámara de envejecimiento.

⁷⁷ Ibíd. P. 2

⁷⁸ Ibíd. P. 3

Ensayo Radiación Solar con lámparas ULTRAVITALUX

Se utilizaron lámparas ULTRAVITALUX de 300 W con dos fuentes simultáneas. El ensayo se realizó en 7 ciclos, llegando a las 1000h estimadas de radiación solar.

A continuación, fotos del resultado:

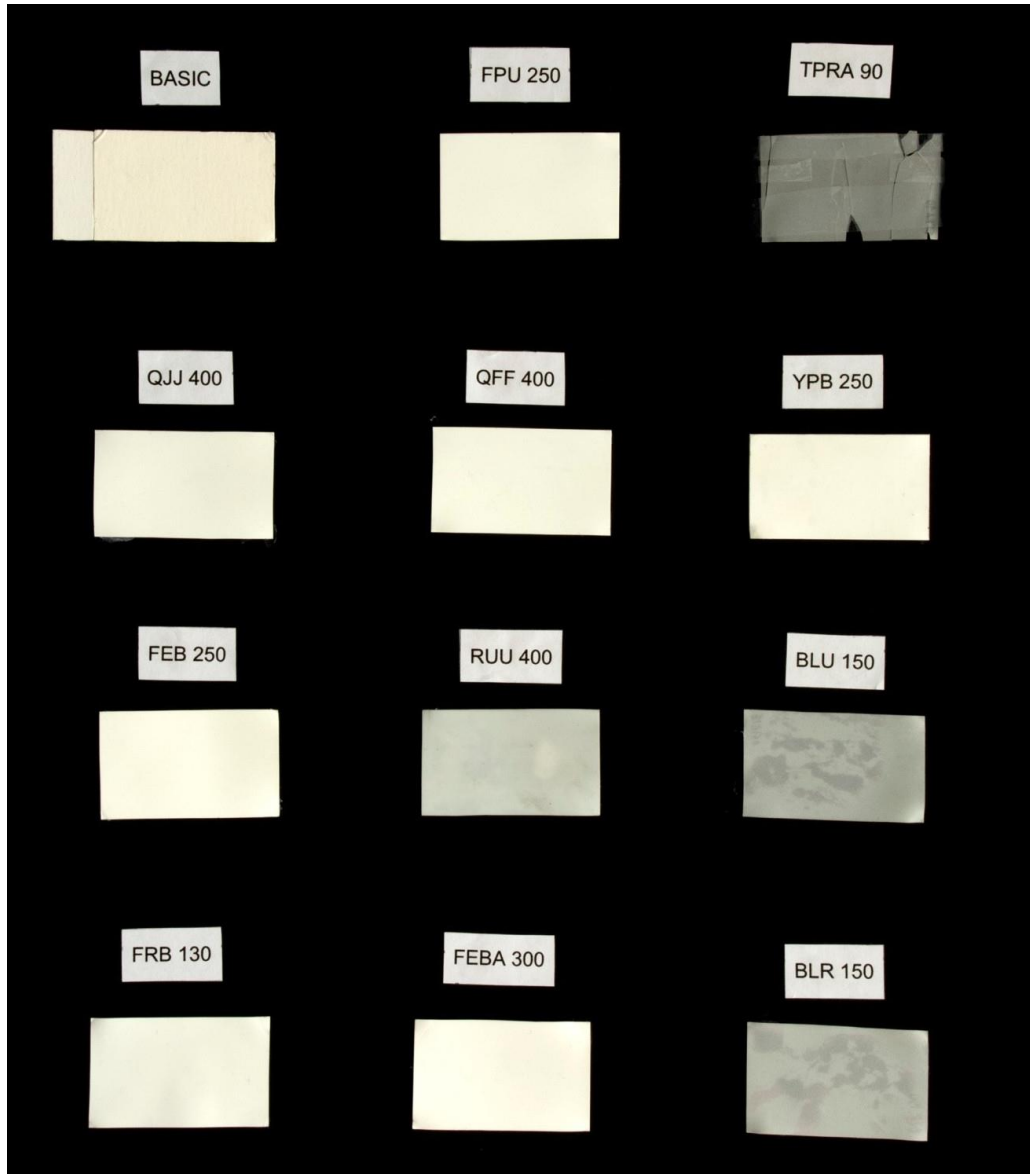


Imagen 126: Resultados del ensayo de envejecimiento acelerado.

En general, los papeles sintéticos han aguantado muy bien el ensayo, sin cambios aparentes de tonalidad, a excepción de la muestra TPRA 90, que después de la prueba se volvió extremadamente quebradiza y al extraerla de la cámara se rompió en pedazos. Esto podría haber ocurrido también en las muestras BLU 150, BLR 150 Y RUU 400 ya que la tipología de papel es similar, aunque al ser TPRA 90 la más fina, el cambio ha sido evidente. Se podría decir que, quizá, con una mayor exposición, las muestras de papel sintético se vuelvan quebradizas, peligrando su estabilidad dimensional.

A continuación una foto detalle de la muestra TPRA 90.

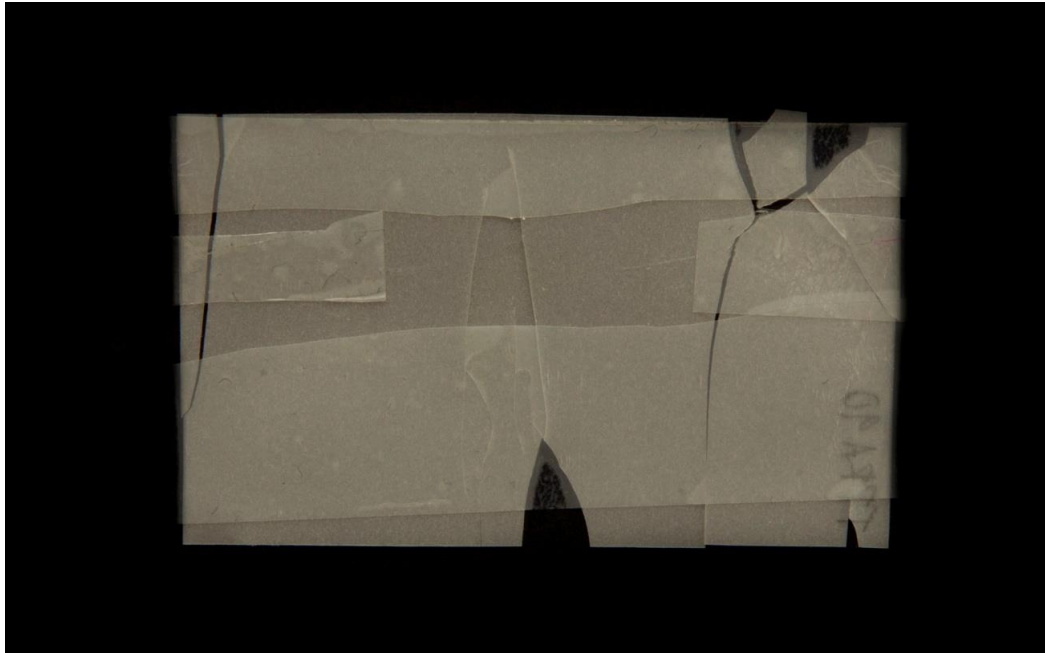


Imagen 127: Muestra TPRA 90 después del ensayo.

En cuanto al cambio de tonalidad del papel por acción de la luz (amarilleamiento), sólo es apreciable en la muestra de papel celulósico BASIC, como podemos ver en la foto detalle a continuación (a la izquierda de la muestra se ha colocado una tira de papel BASIC no expuesto a la luz para poder realizar la comparativa):

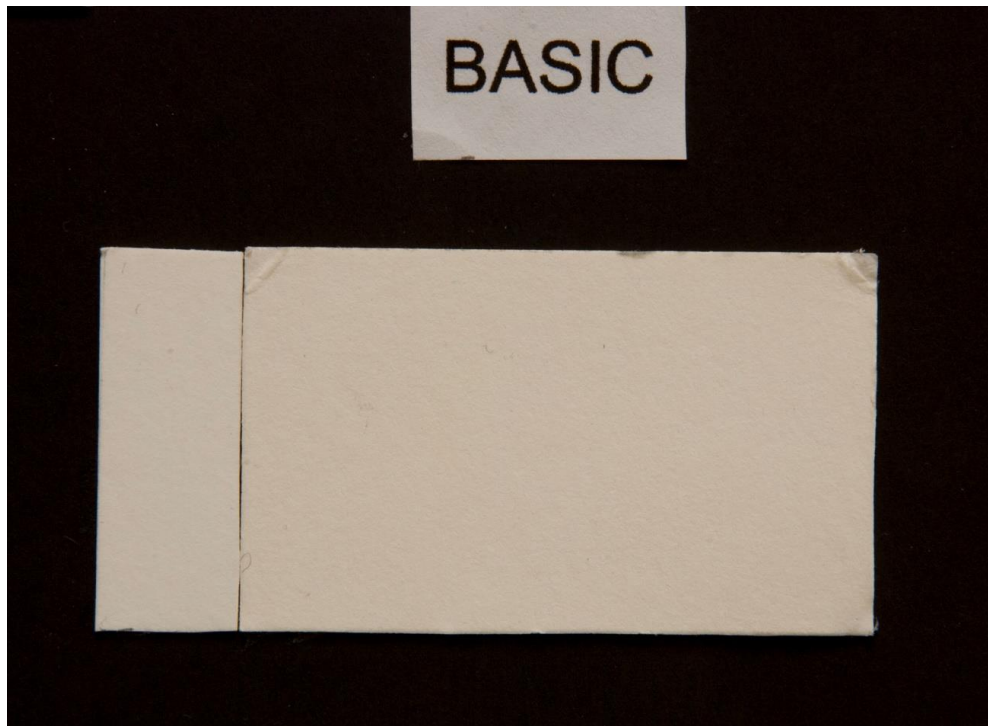


Imagen 128: Muestra de papel Basic después del ensayo de envejecimiento acelerado.

A excepción de la muestra TRPA 90 que se volvió extremadamente quebradiza después del ensayo, las demás muestras aparentemente no tienen cambios a excepción de la muestra BASIC que presenta amarilleamiento.

El que determinados papeles sintéticos se vuelvan quebradizos en determinados casos podría presentar un problema si se utilizaran para obras artísticas que fueran a estar expuestas a la luz durante un largo período de tiempo. Sería recomendable protegerlos con una preparación que impidiera o retrasara este tipo de degradación.

Ensayo Radiación UV con lámparas ULTRATECH y HNS 10/UOFR

Se utilizaron lámparas ULTRATECH de 400 W y lámparas HNS 10/UOFR de 10 W simultáneamente. El ensayo se realizó en 7 ciclos, llegando a las 2000h estimadas de radiación ultravioleta.

A continuación, fotos del resultado:

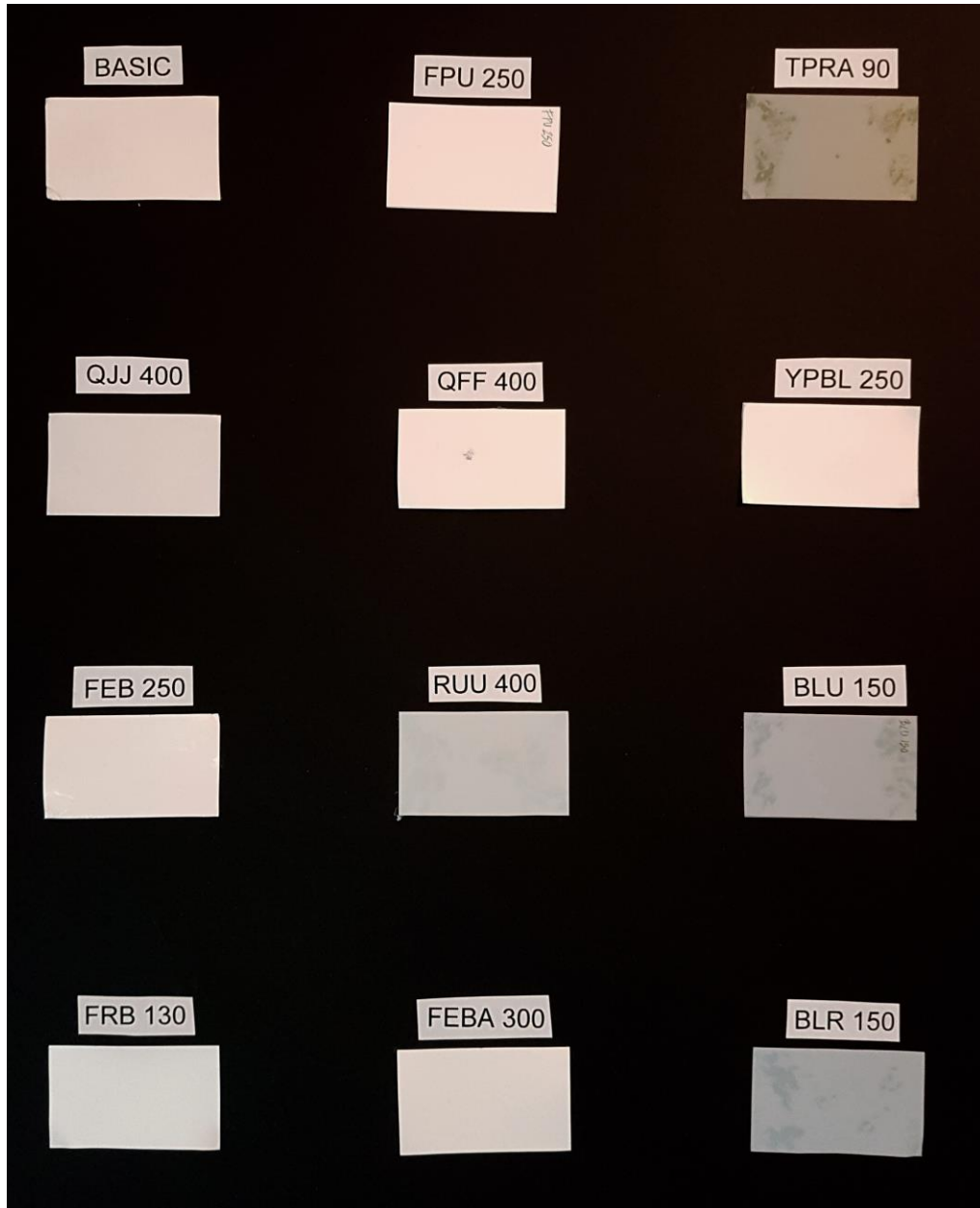


Imagen 129: Resultados del ensayo Radiación UV.

Después de la radiación no hay ningún cambio aparente en las muestras de papel sintético, manteniendo todas su color y consistencia iniciales. Por lo tanto, es evidente que este papel cumple con su promesa de permanencia a las radiaciones ultravioletas.

5.4 Ensayo para determinar la resistencia del papel sintético de nueva generación frente a posibles agresiones pictóricas

Objetivo:

En esta prueba se tratará de determinar la resistencia de la hoja de papel sintético frente a las posibles agresiones que se realizan pintando o dibujando: incisiones, raspados, etc.

Las agresiones que se realicen serán simulaciones de las incisiones que suele realizar el artista al pintar y dibujar, como incisiones realizadas con espátula al aplicar pintura al óleo o dibujando con la punta afilada de un lápiz de grafito o carbón.



Imagen 130: Tratamiento del papel previo a pintar sobre él.

QJJ 400

El papel QJJ 400 es un papel grueso y robusto que permite tanto técnicas secas como húmedas. Especialmente el grafito tiene una gran vividez sobre él, permitiendo su aplicación de forma agresiva sin dañar la superficie del papel.

En esta prueba se han realizado incisiones en el papel con cuchilla, sobre las cuales se ha aplicado pintura acrílica y al óleo (diluida en esencia de trementina), provocando su filtración por las incisiones, dando como resultado unos efectos plásticos interesantes. El papel no se ha visto afectado por ello, recalcando su resistencia a técnicas más agresivas.

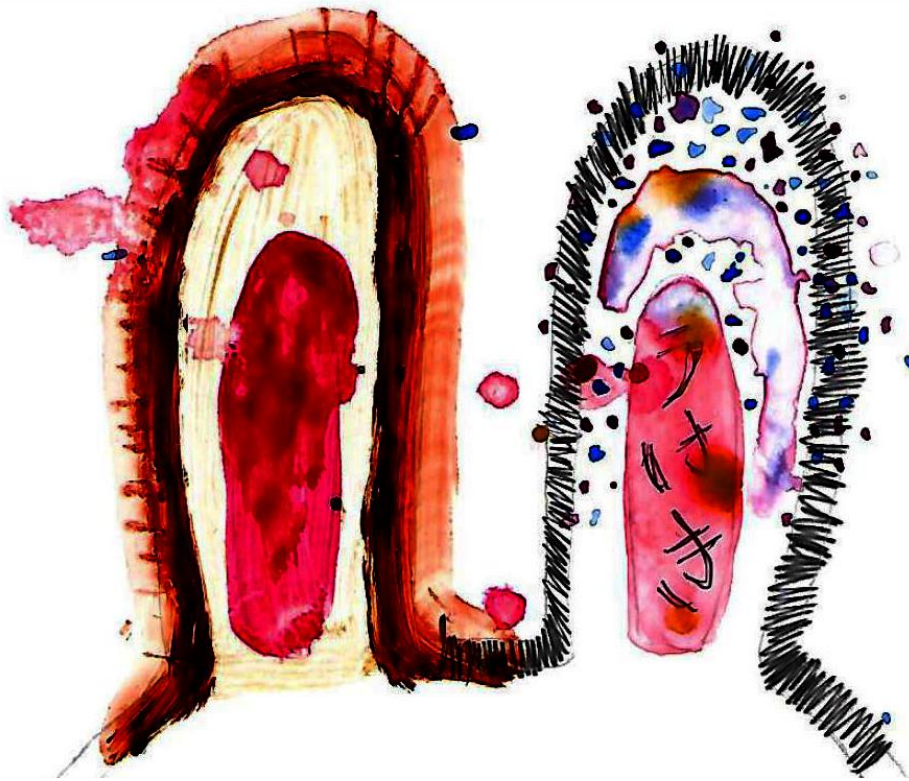


Imagen 131: Distintas técnicas sobre papel QJJ 400.

FEB 250

En este papel el grafito queda muy superficial y se desprende fácilmente. Al insistir con el lápiz sobre el papel se consiguen unas líneas grises sutiles. Sin embargo, la acuarela adquiere unos tonos muy vivos, con una aplicación muy fluida, aunque tarda bastante en secar.



Imagen 132: Grafito y acuarela sobre papel FEB 250.

Se hicieron incisiones con cuchilla en el papel antes de aplicar acrílico y después óleo sobre la muestra. El óleo se introduce fácilmente sobre las incisiones (especialmente si está diluido con esencia de trementina), creando unos efectos plásticos interesantes. El papel erosionado de esta forma no tiene problemas de estabilidad. Aunque en el ensayo e comportamiento con agentes químicos líquidos, este papel dio problemas con el aceite de linaza, en este ensayo no se observa ninguna repercusión al usar óleo sobre las hendiduras.



Imagen 133: Acrílico y óleo sobre papel FEB 250.

FRB 130

El FRB es un papel fino y flexible, de textura aterciopelada en superficie, con mayor absorbencia y retención de las técnicas al agua que otros papeles sintéticos. El grafito también lo admite bien, obteniendo unos trazos oscuros y definidos.

En este caso, al ser el papel más delicado por su poco espesor, las incisiones realizadas no fueron muy profundas para no atravesar el papel. También es recomendable difuminar/frotar el papel con cuidado ya que se arruga más fácilmente que otros papeles.



Imagen 134: Grafito y acuarela sobre papel FRB 130.

En cuanto al uso de óleo sobre este papel, incluso con las incisiones no se observa ningún problema de estabilidad.

Los colores quedan menos transparentes que en otros papeles sintéticos por las características de su superficie, y se puede jugar con distintos efectos con las agresiones a las que se someta el papel, ya que no presenta alteraciones posteriores.



Imagen 135: Óleo sobre papel FRB 130.

FPU250

El FPU 250 es un papel resistente y opaco, que aguanta bien las incisiones del grafito, dando como resultado unas líneas negras definidas. Tiene muy buen comportamiento con la acuarela por las características de su superficie, dando como resultado unos colores muy vivos que se mezclan fácilmente entre sí.



Imagen 136: Grafito y acuarela sobre papel FPU 250.

Al aplicar pintura al óleo diluida con esencia de trementina el efecto es parecido al que se consigue con la acuarela. La pintura se introduce por las hendiduras realizadas previamente en el papel, consiguiendo diferentes texturas. No presenta ningún problema de estabilidad al usar óleo directamente en el papel con abrasiones, lo que prueba su gran resistencia.

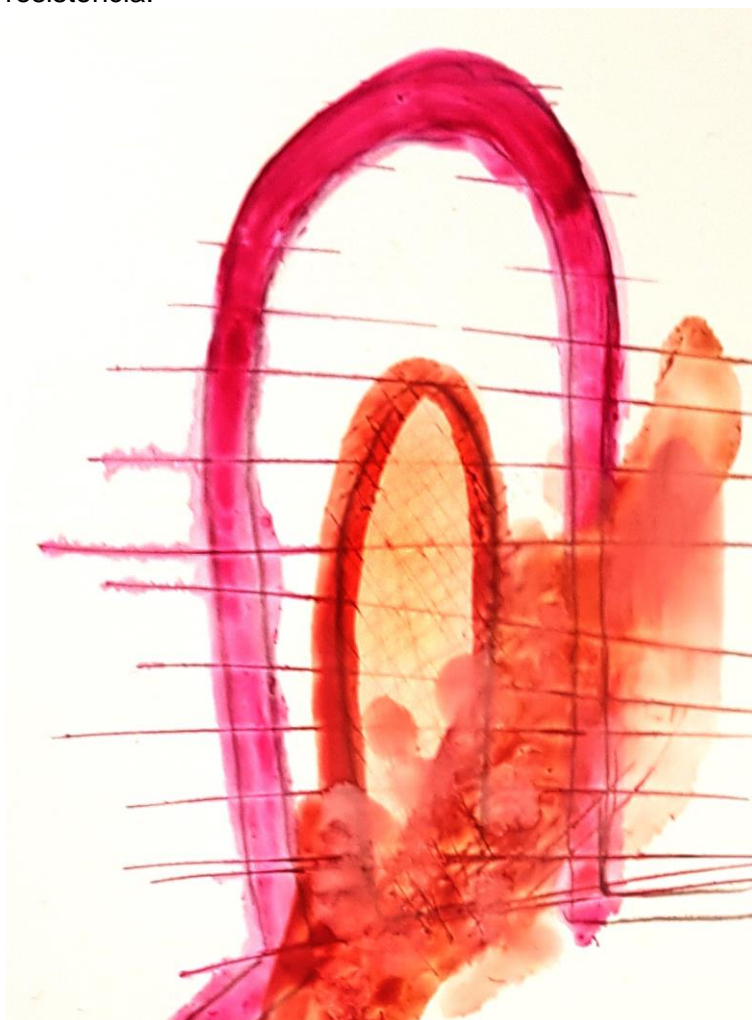


Imagen 137: Óleo sobre papel FPU 250.

QFF 400

En esta prueba se ha utilizado acuarela sobre el papel previamente erosionado. Este papel tiene una fina capa en la superficie, que al erosionarla con punta metálica, se levanta rompiendo la superficie del papel y creando una textura que combinada con técnicas pictóricas como por ejemplo la acuarela, puede ayudar a crear texturas interesantes.



Imagen138: Acuarela sobre papel QFF 400.

Aunque al erosionar el papel se desprende la capa superficial, aparentemente no se producen problemas de estabilidad en el papel. La capa inferior no se comporta igual que la superior, no aceptando pintura, por lo que retirando esta capa se pueden crear diferentes efectos plásticos.



Imagen139: Acuarela sobre papel QFF 400 (2).

Con la pintura al óleo obtenemos un resultado similar, aunque con mayor aceptación de la pintura por parte del papel. Gracias a la versatilidad del papel y su resistencia, podemos jugar con distintos acabados sin comprometer la estabilidad del soporte.



Imagen140: Óleo sobre papel QFF 400.

RUU 400

Este papel es muy robusto y resistente, no doblándose fácilmente, por lo que es un soporte adecuado para técnicas en las que se use mayor carga material como empastes.

El grafito sobre este papel genera unas líneas muy definidas y negras, y el papel no se ve afectado por la cantidad de fuerza aplicada con el lápiz. El papel no absorbe el agua, por lo que la acuarela funciona de distinta forma que sobre el papel tradicional, pero el resultado es un color mucho más vivo.



Imagen 141: Grafito y acuarela sobre papel RUU 400.

Se realizaron incisiones con cuchilla sobre el papel, sobre las que se aplicaron pinturas acrílicas y posteriormente al óleo. Las incisiones ayudan a crear distintos efectos y no se ve comprometida la estabilidad del papel. Tanto con el acrílico como con el óleo se obtienen colores saturados que permanecen correctamente adheridos a la superficie del papel.



Imagen 142: Óleo sobre papel RUU 400.

FEBA 300

A este papel se le realizaron varias incisiones con cuchilla sobre su superficie, retirando a veces la capa superior. Esto ha generado comportamientos distintos.

Con el grafito se obtiene una línea de un negro intenso, tanto en la capa superior como en la inferior. Al aplicar acuarela sobre él, la capa inferior repele el agua, quedando blanca, mientras que la superior sí acepta la pintura. Estas abrasiones sobre el papel no han generado problema de estabilidad.

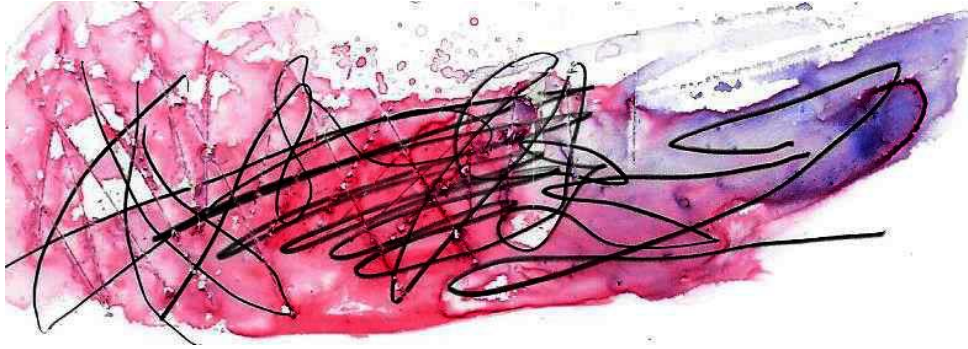


Imagen 143: Grafito y acuarela sobre papel FEBA 300.

También se aplicó pintura acrílica y óleo sobre el papel con las incisiones. En este caso, la pintura al óleo se introdujo por las líneas generadas con la cuchilla, resaltándolas. En el ensayo de comportamiento con agentes químicos líquidos, a este papel se le desprendió la capa superior al estar expuesto durante mucho tiempo a aceite de linaza, por lo que habría que tener cuidado al usar óleo sobre él sin preparación. Sin embargo, en esta prueba realizada con óleo aparentemente el papel no se ha visto afectado.

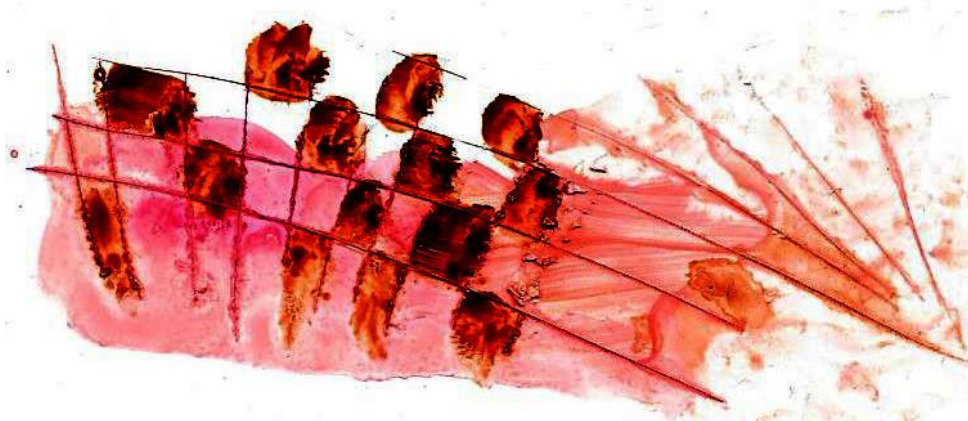


Imagen 144: Acrílico y óleo sobre papel FEBA 300.

TPRA 90

Este papel se ha probado con grafito, tanto difuminado como con trazos incisivos y agresivos, acuarela, y una capa de pintura acrílica en el reverso del papel para experimentar con las posibilidades de este fino papel translúcido.

Con el grafito se obtienen líneas finas y grises, sin embargo al difuminarlo e insistir se puede llegar a obtener mayor número de variaciones de negro, especialmente si se usan lápices blandos. El papel no se ve afectado por las incisiones realizadas con lápices afilados sobre el papel ni por el difuminado fuerte o agresivo.

El papel no es absorbente, por lo que la acuarela tiene un comportamiento distinto que en el papel tradicional, pero se obtienen variaciones de color interesantes.

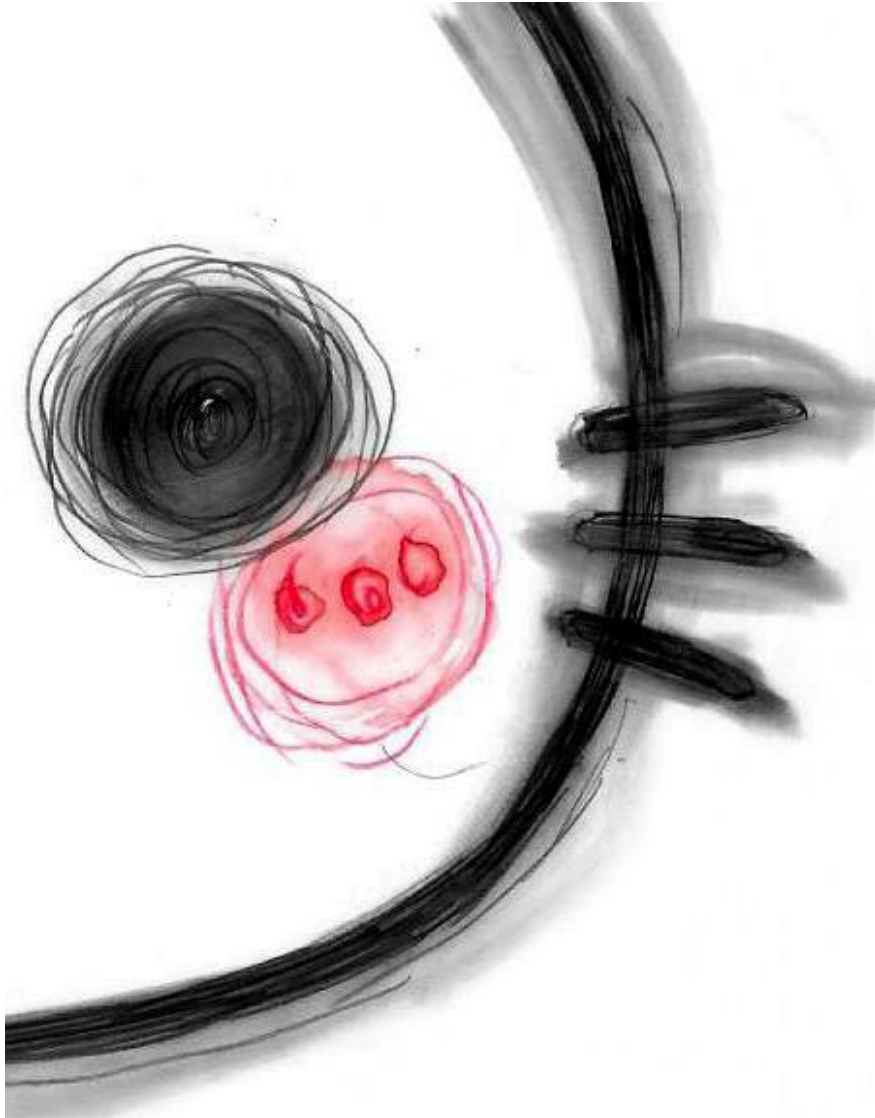


Imagen 145: Grafito y acuarela sobre papel TPRA 90.

La siguiente prueba se ha realizado con acrílico en su totalidad. El papel, a pesar de ser fino y translúcido, aguanta la pintura aunque requiere de varias capas para lograr cobertura total sin imprimación.

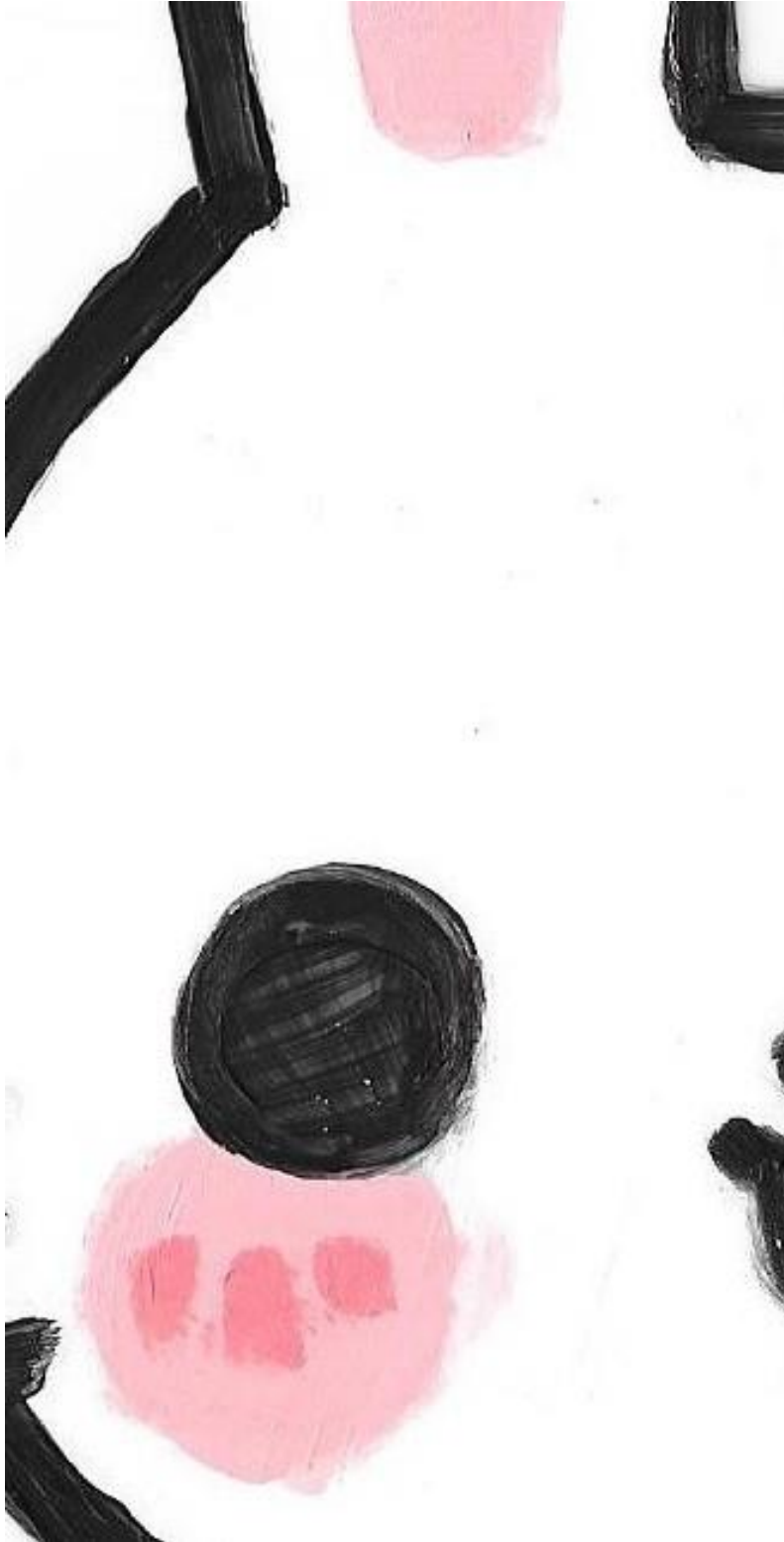


Imagen 146: Acrílico sobre papel TPRA 90.

A continuación se realizó la prueba con pintura al óleo. El papel se ralló parcialmente (sin llegar a atravesar el papel) y sobre él se aplicó pintura al óleo diluida con esencia de trementina. Sobre este papel los colores adquieren una apariencia más aterciopelada y suave, introduciéndose

por las hendiduras rápidamente pero sin ocasionar problemas de conservación del papel observables.



Imagen 147: Óleo sobre papel TPRA 90.

YPBL 250

El YPBL 250 es un papel flexible sobre el que es fácil trabajar técnicas ligeras. El grafito queda muy opaco aunque satura la superficie pronto, quedando muy brillante. La acuarela genera colores saturados y vivos.



Imagen 148: Grafito y acuarela sobre papel YPBL 250.

Se realizaron incisiones con cuchilla sobre el papel para trabajar con acrílico y óleo. Como ocurre con otros papeles, el óleo diluido se introduce fácilmente por las hendiduras, sin embargo esto no afecta a la estabilidad del papel. Los colores quedan saturados aunque poco cubrientes.

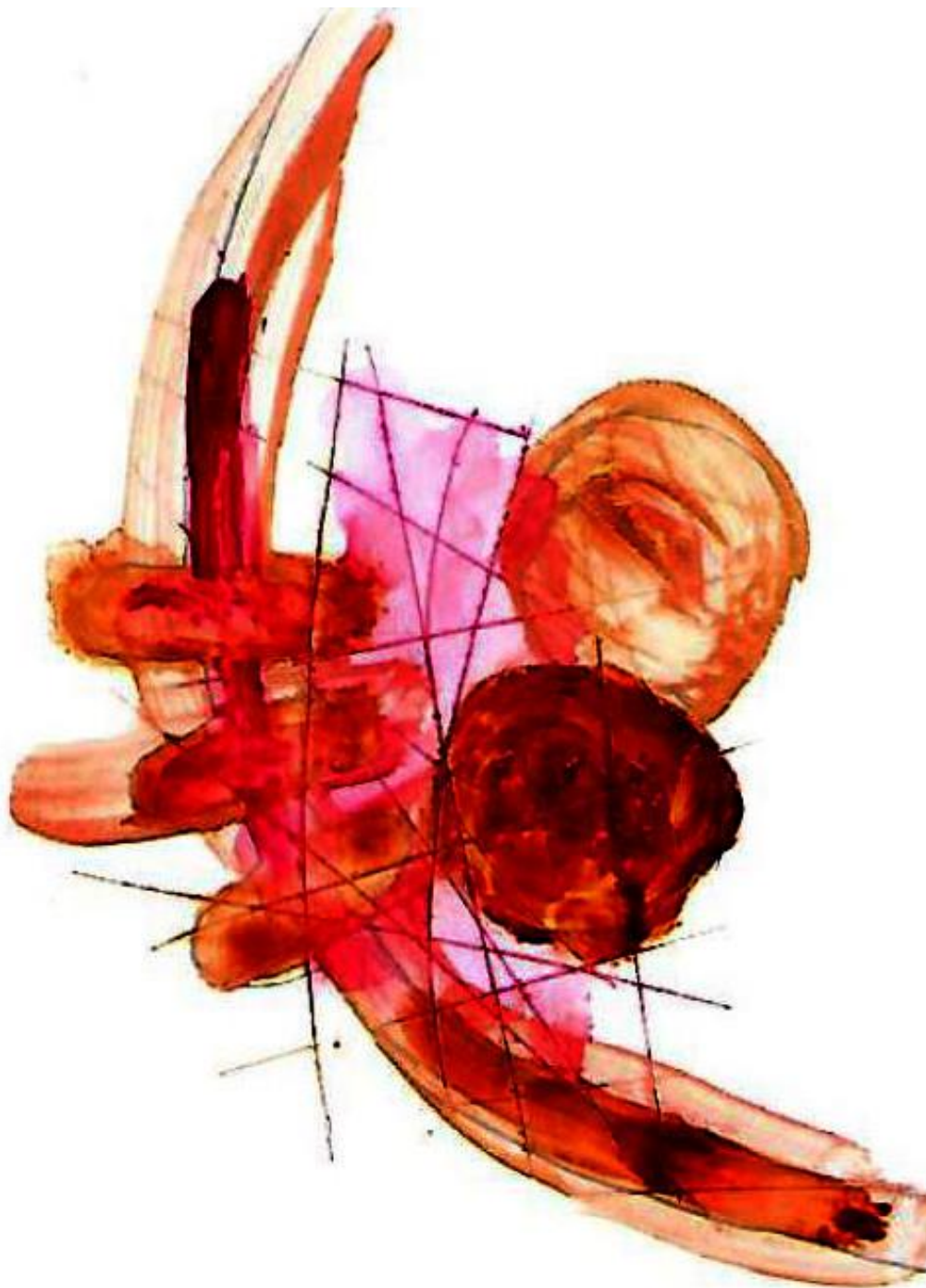


Imagen149: Acrílico y óleo sobre papel YPBL 250.

BLU 150

El papel BLU 150 es un papel muy estable. Esta prueba se realizó con grafito y lápiz de color, previamente realizando incisiones en el papel con punta de acero. Al difuminar el grafito por encima de las incisiones, se crean interesantes efectos. El papel soporta bien las incisiones y los materiales, aunque el difuminado es sucio y difícil de conseguir.

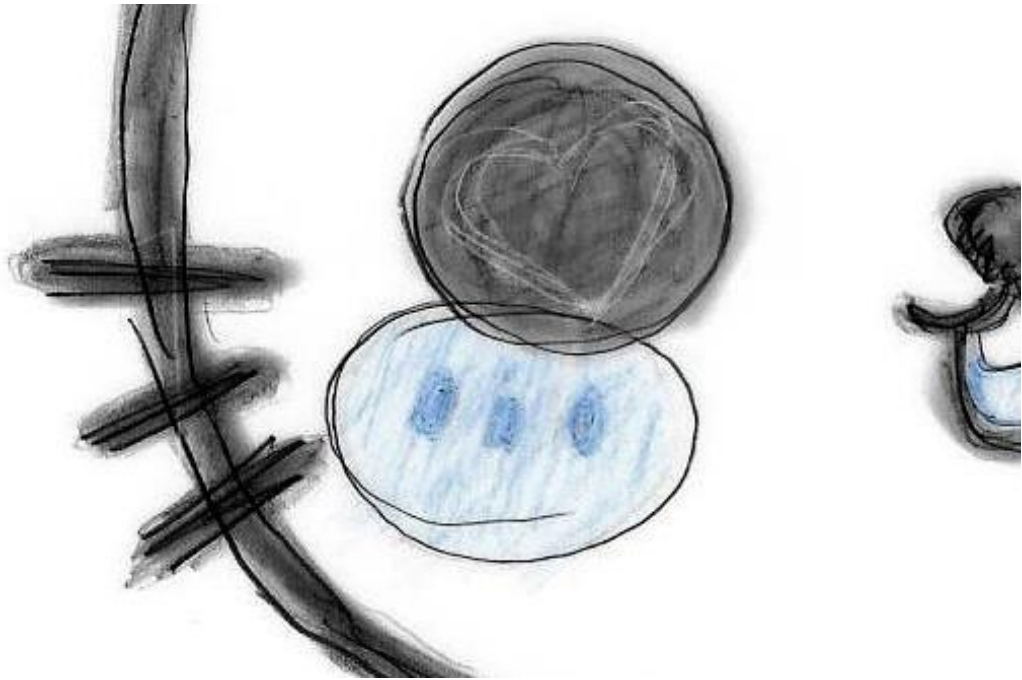


Imagen 150: Grafito y acuarela sobre papel BLU 150.

El papel soporta bien las incisiones creadas sobre su superficie, que quedan visibles al pasar capas finas de pintura acrílica por encima de ellas, creando textura. El papel, al ser translúcido necesita más capas de pintura para lograr cobertura. El ser translúcido también permite efectos interesantes al situar una fuente de luz detrás del papel.



Imagen 151: Acrílico y purpurina sobre papel BLU 150.



Imagen 152: Acrílico y purpurina sobre papel BLU 150 (al trasluz).

A continuación se realizó una prueba con pintura acrílica y óleo, sobre el papel previamente rallado con cuchilla.



Imagen 153: Acrílico y óleo sobre papel BLU 150.

El acrílico cambia la textura y absorbencia del papel y esto es observable al aplicar pintura al óleo encima. En la parte inferior vemos pintura al óleo aplicada directamente sobre el papel, y en la parte superior, pintura al óleo sobre pintura acrílica. Esto nos proporciona muchas posibilidades a la hora de combinar texturas, acabados, etc. En ningún caso se ha observado ningún problema de estabilidad del papel.

BLR 150

Este papel es fino y flexible, pero muy resistente. Con grafito obtenemos líneas negras muy definidas. Al estar el papel con incisiones, éstas interactúan tanto con la acuarela (introduciéndose el pigmento en ellas) como con el grafito (quedando blancas), dando lugar a diversos efectos plásticos sin que ello comprometa la estabilidad del papel.



Imagen 154: Grafito y acuarela sobre papel BLR 150.

En cuanto al comportamiento con acrílico y óleo, resulta similar al observado en otros papeles sintéticos. El BLR 150 tuvo ciertos problemas en el ensayo de comportamiento con agentes químicos líquidos, especialmente con el aceite de linaza. Sin embargo en este caso, y aun realizando incisiones muy profundas y drásticas por las que se ha introducido pintura al óleo, el papel no muestra signos de inestabilidad.



Imagen 155: Acrílico y óleo sobre papel BLR 150.

Conclusiones

Tal y como hemos podido apreciar en todas estas muestras, el papel sintético resulta muy versátil y resistente, aun realizando erosiones sobre su superficie que en el caso de papeles convencionales, comprometerían su estabilidad de forma grave.

Estas características le convierten en un material con muchas posibilidades plásticas, con la tranquilidad de que no comprometerá la estabilidad de la obra.

5.5 Otros posibles ensayos a realizar

Otros posibles ensayos que se podrían llevar a cabo para obtener datos más concretos sobre los distintos papeles sintéticos para profundizar más en su composición son:

- Ensayos químicos (p.H., etc.)
- Microscopía óptica.
- Análisis químico cualitativo.

5.6 Comentarios globales de los ensayos

Después de realizar las pruebas sobre todos los papeles sintéticos y comparar los resultados obtenidos con las distintas técnicas, se seleccionaron tres papeles que funcionan bien con tres técnicas distintas: FPU 250, QJJ 400 y FRB 130.

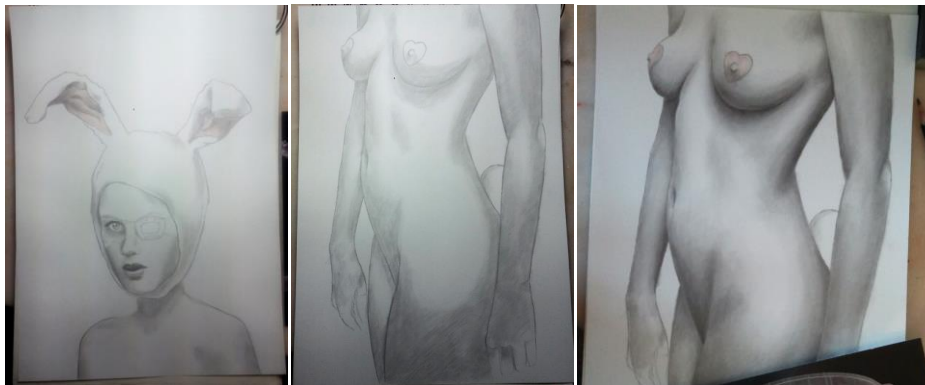
Con los papeles indicados, se desarrollaron los muestreos con cada una de las técnicas sometidas a estudio para ver mejor el funcionamiento de los mismos y los resultados que se pueden obtener al realizar obra artística sobre este soporte.

5.6.1 FRB 130

Este papel sintético tiene un comportamiento bastante similar al papel convencional, y funciona muy bien con todas las técnicas que se probaron, aunque particularmente con grafito. Este papel está diseñado para que se pueda imprimir sobre él con impresoras offset convencionales, con un tiempo de secado de la tinta más rápido que sobre otros papeles sintéticos, por lo que la superficie de este papel está tratada especialmente para que tenga más poro y mayor capacidad de retención del pigmento. Sólo se puede trabajar por una cara.

Sobre este papel se ha realizado un dibujo con grafito, de formato 21 x 59,4cm (dos folios A4 unidos).

Fotos del proceso:



Imágenes 156, 157 y 158: Proceso del trabajo sobre FRB 130.

Resultado final:

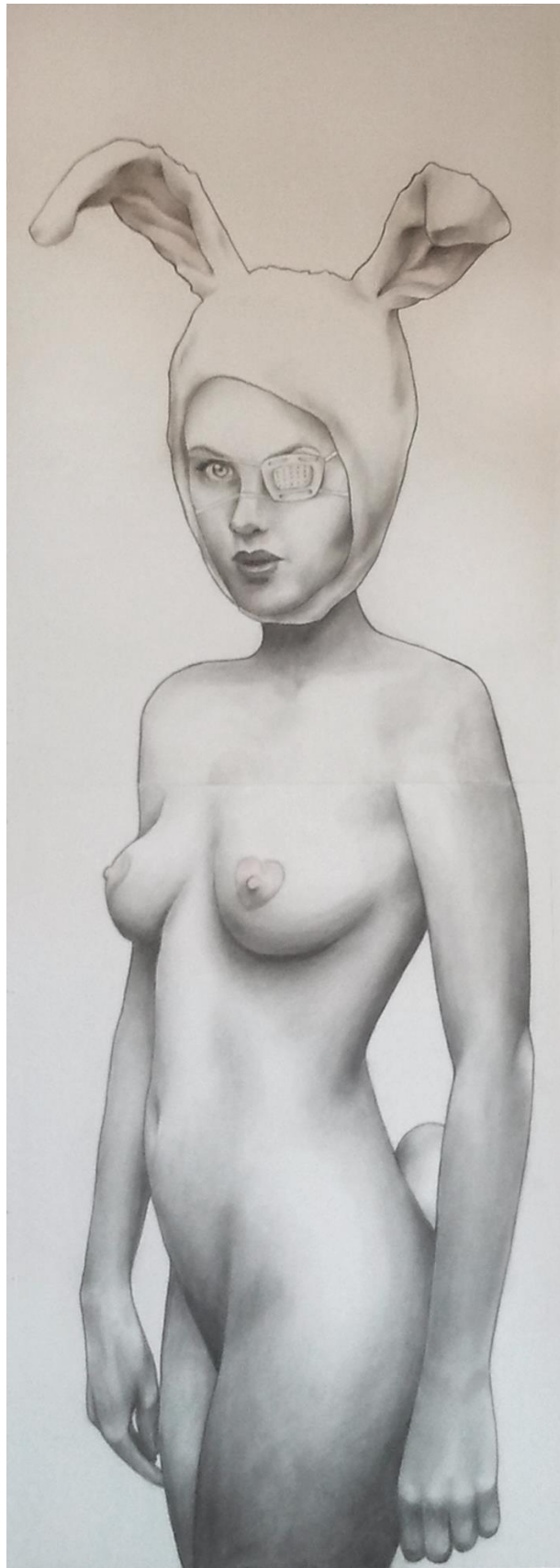


Imagen 159: Trabajo sobre FRB 130.

En las pruebas que se realizaron sobre este papel se observó que sus características eran muy similares a las del papel convencional. Sin embargo, al realizar una obra de mayor tamaño se han podido observar ciertas diferencias:

Se ha tenido que adaptar la técnica al soporte, ya que sobre este papel las diferencias entre durezas de los lápices de grafito no son tan evidentes, consiguiéndose unos negros profundos con lápices duros (como ejemplo, un lápiz 2H sobre papel sintético FRB 130 puede crear negros similares a los que puede crear un lápiz 3B sobre cartulina básico).

El borrado del grafito con goma de borrar erosiona la superficie del papel, tomando ésta una textura distinta y evidenciando visualmente la zona borrada.

Al difuminar el grafito, la zona difuminada queda más oscura que antes de pasar el difumino, por lo que la valoración de luces hay que calcularla con anterioridad.

Las manchas de grasa sobre el papel cobran protagonismo si se realiza un difuminado por encima de ellas (la mancha de grasa queda más oscura). Es recomendable limpiar las posibles manchas con alcohol antes de trabajar con grafito la superficie si se desea que no se manifiesten, aunque pueden ser un recurso plástico interesante.

En general el papel FRB 130 puede ser un buen soporte para el dibujo y otras técnicas, aunque sería preferible poder disponer de mayores grosores, ya que aunque éste papel no se ve afectado por el agua y no se arruga fácilmente, dependiendo de la técnica que se quiera realizar es posible que se necesite montar sobre un soporte más rígido.

5.6.2 FPU 250

El papel FPU 250 ha sido diseñado especialmente para imprimir con tintas con base de aceite. La pintura al óleo tiene una buena cobertura y muy buen comportamiento sobre éste papel, sin necesidad de preparación. Por estas razones se eligió realizar la siguiente obra con óleo. El formato es de 21 x 59,4cm. Primero se realizó el boceto en grafito, como base se aplicaron unas tintas planas con pintura acrílica, finalizando la pintura con óleo.

Fotos del proceso:



Imágenes 160, 161 y 162: Proceso del trabajo sobre FPU 250.

Resultado final:

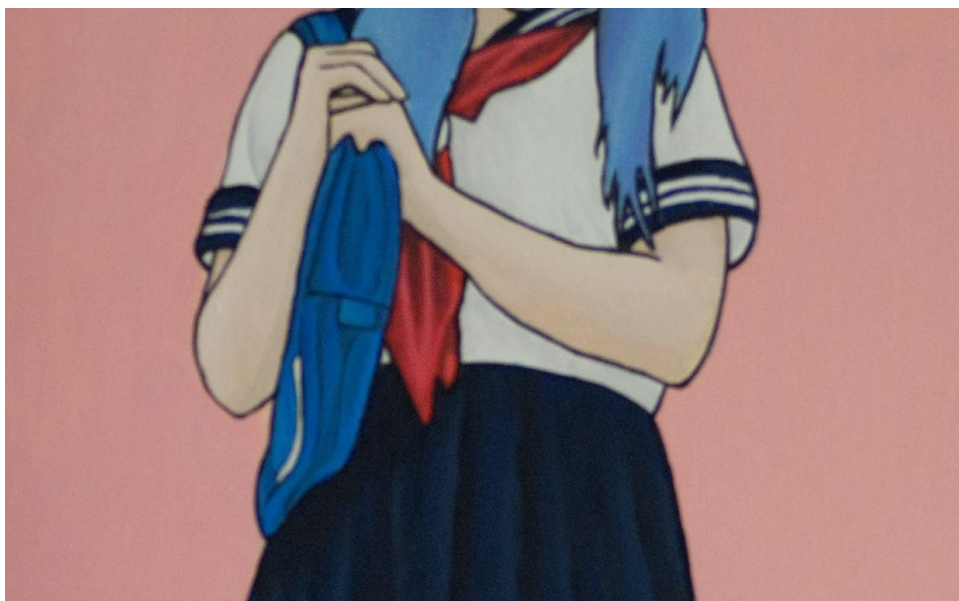


Imagen 163: Trabajo sobre FPU 250.

Con este trabajo se ha obtenido un buen resultado de las técnicas sobre el papel. Los colores aparecen luminosos y cubrientes. Los tiempos de secado de las pinturas acrílica y al óleo son cortos. No se han observado problemas en la adhesión de la pintura al papel.

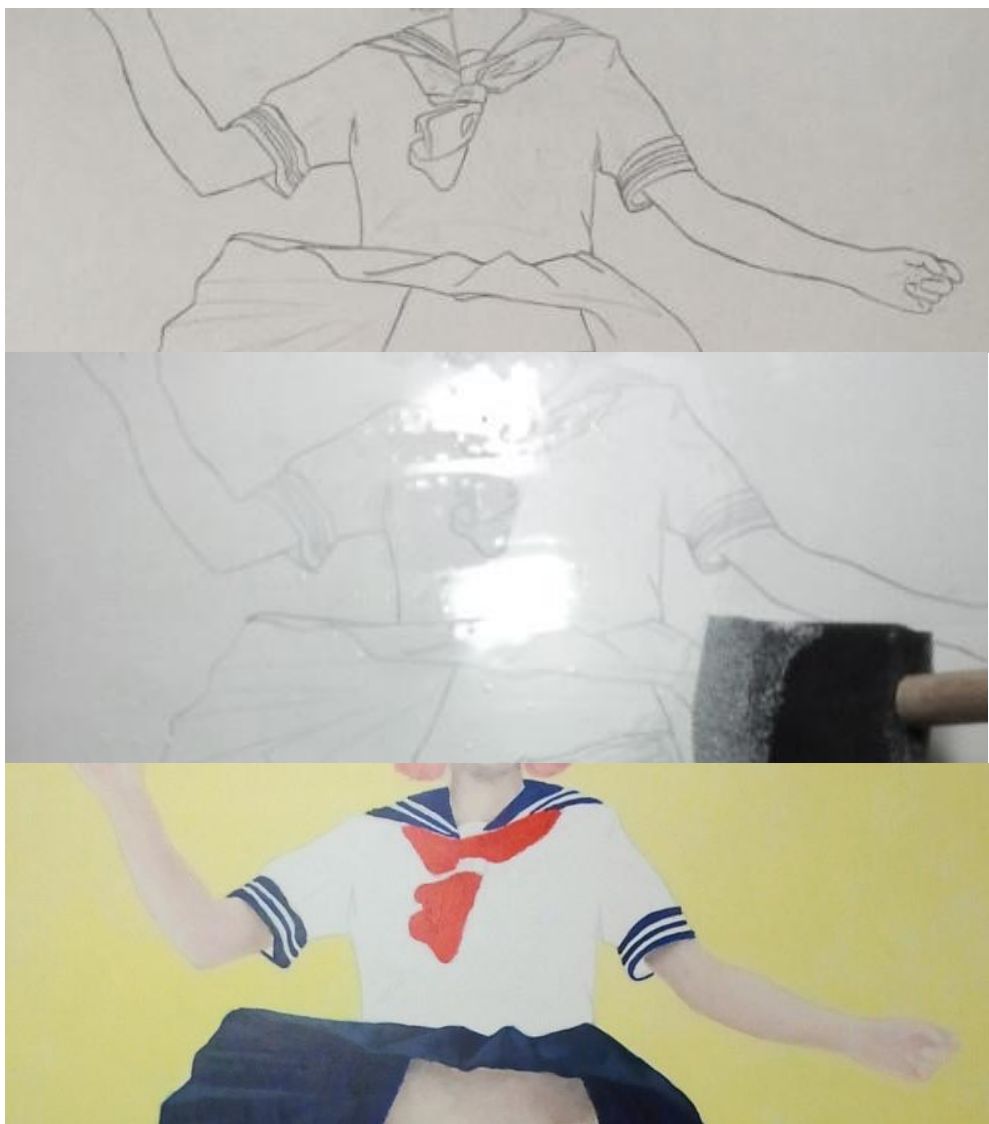
Debido al poco grosor del papel, la capa de pintura se puede exponer a movimientos del soporte que en caso de ser bruscos pueden originar daños, por lo que es recomendable fijar el papel a un soporte más rígido.

5.6.3 QJJ 400

El papel QJJ 400 tiene bastante grosor, convirtiéndole en un soporte consistente. Debido a que por sus características, este papel repele el agua, hemos decidido aplicarle una preparación para luego poder usar pintura acrílica sobre él.

Primeramente se realizó un boceto en grafito directamente sobre el papel. A continuación se aplicaron dos capas ligeras de aparejo sintético. Una vez seco, pintamos la superficie con pintura acrílica. Esta obra tiene un formato de 42 x 29,7cm (dos folios de A4 colocados horizontalmente).

Fotos del proceso:



Imágenes 164, 165 y 166: Proceso del trabajo sobre QJJ 400.

Resultado final:



Imagen 167: Trabajo sobre QJJ 400.

La preparación se adhiere al soporte de forma óptima y ayuda en la aplicación de técnicas no secas, ya que este papel repele el agua. Gracias a la preparación podemos obtener capas de pintura uniformes y cubrientes, que sin la preparación sería más costoso conseguir.

6. CONCLUSIONES

Aunque el papel sintético es un material en continuo desarrollo y actualmente está principalmente diseñado para la impresión, después de los ensayos a los que ha sido sometido, considero que es un material con muchas posibilidades que puede convertirse en un soporte artístico versátil y con muchas ventajas dada su gran durabilidad y resistencia tanto química como a los agentes atmosféricos.

Los papeles sintéticos con los que he realizado las distintas pruebas tienen comportamientos distintos con las técnicas artísticas que se han usado según el papel y la preparación de su superficie. Esta versatilidad permite elegir el papel más adecuado según el uso y el resultado que queramos conseguir, pudiendo contar con un abanico amplio de opciones sin contar con la posibilidad de desarrollar papeles especiales con superficies preparadas con texturas o características específicas para según qué técnicas se quieran usar o las pretensiones plásticas del artista.

En esta investigación las muestras de papel sintético se sometieron a ensayos más o menos agresivos para demostrar su estabilidad ante los agentes que afectan dañinamente al soporte en papel tradicional.

En este caso se forzaron de forma exagerada algunos ensayos para demostrar la resistencia de los papeles a estos agentes.

Pese a que hay papeles que después de largas inmersiones en aceite de linaza o White Spirit (sustancias presentes usualmente en la elaboración de obras con pintura al óleo) pueden resultar ligeramente afectados por su composición, tienen una resistencia muy superior comparativamente con el papel tradicional, por lo que resulta un soporte más adecuado para esta técnica pictórica.

En cuanto al daño provocado por las radiaciones de luz solar, que tanto afecta al papel convencional, las pruebas demostraron la alta resistencia del papel sintético frente a ellas, a excepción de la gama TPRA 90, de un gramaje muy fino que se volvió quebradiza. Mientras que el papel convencional amarillea y se vuelve frágil, el papel sintético no muestra cambios de color aparentes y por lo general conserva su estabilidad, demostrando una conservación frente a la luz solar mucho mayor que la del papel convencional.

También se realizaron una serie de ensayos para probar la resistencia de estos papeles frente a técnicas más agresivas como abrasión, cortes, frotamientos, etcétera en la superficie de los mismos, pintando posteriormente encima de estas agresiones para ver la estabilidad de los papeles y las diferentes texturas que se originaban. Mientras que en papel convencional estas acciones hubieran desencadenado su destrucción, especialmente si después de abrasar su superficie usáramos técnicas al agua o al óleo sobre él, los papeles sintéticos se mostraron inalterables a estas acciones y permitieron crear unos efectos plásticos muy interesantes sin comprometer su estabilidad.

Me gustaría remarcar que los ensayos que se realizaron fueron ensayos simples, ajustados a las posibilidades técnicas disponibles, a mi nivel de conocimiento y al tiempo para desarrollar este trabajo. En el futuro me gustaría seguir realizando ensayos y pruebas más técnicas con el apoyo de expertos que aporten datos más exactos y que ayuden a determinar con total certeza las posibilidades de las que hablo en esta tesis.

Una de las características del papel sintético es que repele el agua, lo cual puede ser un obstáculo para alguien que trabaje con técnicas artísticas donde es necesaria la absorción de agua por parte del soporte. Sin embargo, según comentarios de los fabricantes, parece ser que ya se está desarrollando la tecnología necesaria para que el papel sintético pueda absorber agua (y otros líquidos). Su enfoque para añadir esta funcionalidad es reducir los tiempos de secado de etiquetas de papel sintético adheridas a envases con pegamentos de base acuosa. Sin embargo, esta funcionalidad tiene mucho potencial para los artistas que piensen en usar estos papeles.

Mientras tanto, en este trabajo se ha probado que el papel sintético es muy versátil, permitiendo la aplicación de preparaciones en su superficie que nos ayudan a modificar la textura de la misma para conseguir los mismos efectos que se conseguirían en una superficie más porosa. En este caso un papel sintético de gramaje alto sería más recomendable para poder soportar mejor la materia aplicada y evitar movimientos que puedan provocar grietas

Considero que la comunidad artística es un target importante para el papel sintético, y estoy segura de que las empresas de papel sintético empezarán a desarrollar papeles especialmente pensados para las distintas técnicas artísticas, especialmente después de ver la gran acogida que están teniendo algunos papeles sintéticos de la marca Yupo como papeles para trabajar la acuarela.

Aunque en este trabajo me he centrado en el uso convencional del dibujo y otras técnicas pictóricas sobre papel sintético, este material tiene muchas otras posibilidades artísticas, como escultura, instalaciones, diseño, etc.



Imágenes 168 y 169: Esculturas de papel sintético de Noriko Ambe.



Imagen170: Diseño con papel sintético de Chiori Ito



Imagen 171: Instalación de Noriko Ambe, "TIME LAG," de "Linear Actions," 2011.

Mediante este trabajo he empezado a descubrir las enormes posibilidades de este papel, que sin duda seguiré estudiando. Considero enormemente interesante crear variedades de papel sintético especialmente diseñadas para artistas, con un gramaje alto para mayor estabilidad dimensional y con distintos acabados en superficie para poder adaptarlo al mayor número de técnicas posibles.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1 Libros

ASENJO, J.L. (1961) *El papel y su fabricación*. Barcelona, Escuela de Librería II. I.N.L.E.

ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA. (1982) *Clasificación de los papeles impresos y de escritura. Investigación y Técnica del papel*. Tomo XIX. Madrid, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española.

BAYARD, Emile (1906) *Les arts et leur technique*. Paris, Delagrave, 1906

BROWNING, B.L. (1970) *The nature of paper* en H.W. WINFER Y R.D. SMITH (Ed.), *Deterioration and preservation of library materials*, Chicago, University of Chicago Press

CHÉRCOLES, R , SAN ANDRÉS, M., DE LA ROJA, J. M. y GÓMEZ, M. (2010) *Factores responsables de la degradación química de polímeros. Efectos provocados por la radiación lumínica sobre algunos materiales utilizados en conservación*. Proceedings 11ª Jornadas de Conservación de Arte Contemporáneo, Madrid (España), 18 y 19 de febrero de 2010, Ed. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. [Consultado el 10/05/2018]. Disponible en: <http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/mc/polyevart/bibliografia-y-enlaces-de-interes/FactrespXIREinaSof.pdf>

COLLINS, Judith; WELCHMAN, John, CHANDLER, David y ANFAN, David (1984) *Técnicas de los artistas modernos*. Madrid, Hermann Blume.

COLOM, J.F., y García, J. A. (1994) *El papel y su permanencia. Relación con el reciclado del papel*. *Investigación y Técnica del Papel*, núm. 120, t. XXXI, Madrid, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española.

COLOM, J.F. Y NAVAS, A. (1972) *Utilización, clases y características de las principales fibras artificiales y sintéticas en la industria papelera*. Sextas Jornadas Técnicas Papeleras: *Primeras materias para papel y cartón*. Santiago de Compostela, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española.

CUNHA, G. M. (1988) *Métodos de evaluación para determinar las necesidades de conservación en bibliotecas y archivos: Un estudio del RAMP con recomendaciones prácticas*, París, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT.

DOERNER, Max. (1965) *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona, Reverté.

E.F.L.C. (1993) *European Directory of acid-free and permanent book paper / Répertoire européen des papiers d'édition sans acide et permanents*. European Foundation for Library Cooperation. Groupe de Lausanne, Bruselas, Comisión de las Comunidades Europeas.

FITZMAURICE MILLS, John (1965) *Acrylic Painting*. Londres, Sir Isaac Pitman Sons, Ltd.

FLORIAN, M-L. E. (2002) *Fungal Facts: Solving Fungal Problems in Heritage Collections*. London: Archetype Publications.

FRICKER, A., HODGSON, A. y SANDY, M. (2010) *An investigation into the effects of solvent content on the image quality and stability of ink jet digital prints under varied storage conditions*. Journal of Physics: Conference Series, 231 (1). University of the Arts, London. [Consultado el 10/03/2016]. Disponible en: <http://ualresearchonline.arts.ac.uk/3312/>

GARCÍA FERNÁNDEZ-VILLA, S. y SAN ANDRÉS MOYA, M. (2002) *El plástico como bien de interés cultural (I). Aproximación a la historia y composición de los plásticos de moldeo naturales y artificiales*. Revista PH 40-41. Especial Monográfico: Patrimonio Mundial 1872-2002. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Consejería de cultura. [Consultado el 23/03/2016]. Disponible en: <http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/1415/1415#.Wyf1yFX7SM8>

GARCÍA FERNÁNDEZ-VILLA, S. y SAN ANDRÉS MOYA, M. (2005) *Short communication original patents as an aid to the study of the history and composition of semisynthetic plastics*. Journal of the American Institute for Conservation. JAIC 2005, Volume 44, Number 2, Article 3. [Consultado el 18/05/2018]. Disponible en: http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic44-02-003_idx.html

GINESTET, R. (1972) *La demanda potencial para el papel sintético*. Sextas Jornadas Técnicas Papeleras: Primeras materias para papel y cartón. Santiago de Compostela, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española.

GÓMEZ MOLINA, Juan José (2002) *Máquinas y herramientas de dibujo*. Madrid, Cátedra.

HERRÁEZ, J. A., y RODRÍGUEZ, M. A. (1989) *Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos*. Madrid. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura.

HUERTAS TORREJÓN, Manuel (2010) *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas I*. Madrid, Akal S.A.

HUERTAS TORREJÓN, Manuel. (2010). *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas II*. Madrid: Akal S.A.

HUNTER, D. (1978) *Papermaking. The history and Technique of an Ancient Craft*. Nueva York. Dover Publications, Inc.

KAUFMAN, M. (1963) *The first Century of Plastics: Celluloid and its sequel*. The Plastics and Rubber Institute. London, UK.

KEIM, K. (1966) *El papel*. Madrid. Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española/Instituto Papelero Español.

KOSEK, Joanna M. with contributions from Christina Angelo, David Green, David Giles, Victoria de Korda, Dylan Owen, Annete Pinto and Vincent Daniels, Alan Donnithorne and Birthe Christensen (2004) *Conservation mounting for prints and drawings. A manual based on current practice at the British Museum*. Archetype Publications in association with The British Museum.

KRAEMER KOELLER, Gustavo. (1973) *Tratado de la previsión del papel y de la conservación de bibliotecas y archivos Tomo 1*. Madrid. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Secretaría general Técnica. Dirección General de Archivos y Bibliotecas.

KRAEMER KOELLER, Gustavo. (1973) *Tratado de la previsión del papel y de la conservación de bibliotecas y archivos Tomo 2*. Madrid. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.

Secretaría general Técnica. Dirección General de Archivos y Bibliotecas.

LAMBERG, Juha-Anti; OJALA, Jari; PELTONIEMI, Mirva; SÄRKKÄ, Timo. (2012) *The evolution of Global Paper Industry 1800-2050. A comparative Analysis*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer.

LAURIE, Arthur Pillans (1935) *The painter's method and materials*. Londres, Dover Publications.

MARTIN, G. (1965) *Físico-Química del papel*. Barcelona, Publicaciones Offset.

MAYER, Rhalp (1993) *Materiales y técnicas del arte*. Madrid, Tursen / Herman Blume

MORGAN, J. (1991) *Conservation of Plastics*. Plastics Historical society, London.

PIERSON, W. H. (1867) *Improved plastic compound made from vegetable fibers*. Patente EEUU Nº 63,267. 28 de Mayo de 1867.

PLENDERLEITH, H. J. (1967) *La conservación de antigüedades y obras de arte*. Valencia. Instituto Central de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología, Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General de Bellas Artes.

POLISCHUCK, Tom (2003) *Synthetic papers: Plenty to go around*. Vol 50. Philadelphia: North American Publishing Company.

QUYE, A. y C. WILLIAMSON. (1999) *Plastics: Collecting and conserving*. Edimburgh, NMS Publishing.

RAYNER, J., KOSEK, J. y BIRTHE, C. (2005) *Art on paper, mounting and housing*. Archetype Publications in association with the British Museum.

REILLY, J. A. (1991) *Celluloid objects: Their chemistry and preservation*. Journal of the American Institute for Conservation 30(2).

RODRÍGUEZ LASO, M^a Dolores. (1999) *El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva*. Guipuzkoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco.

ROFF, W. J. Y SCOTT, J. R. (1971) *Fibres, Films, Plastics and Rubbers*. Butterworths, London.

SAN ANDRÉS, M., DE LA ROJA, J. M., CHÉRCOLES, R., BAONZA, V. G. y GÓMEZ, M. (2010) Colour and changes of composition of materials used in conservation and restoration of graphic documents. COST D41 WG2 Meeting on "Preservation and Challenges in Libraries, Museums and Archives: Environmental Controls and Analytical Diagnostics". Biblioteca Nacional de Madrid (España), 11 y 12 de marzo de 2010. [Consultado el 10/03/2018]. Disponible en: <http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/mc/polyevart/bibliografia-y-enlaces-de-interes/SanAndCOSTD42.pdf>

SAN ANDRÉS, M., DE LA ROJA, J. M., CHÉRCOLES, R., BAONZA, V. G. y GÓMEZ, M. (2010) *Envejecimiento con radiación UV de un cartón pluma neutro. Estudio de su evolución cromática y su composición*. Proceedings IX Congreso Nacional del Color, Alicante (España). [Consultado el 10/03/2018]. Disponible en: <http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/mc/polyevart/bibliografia-y-enlaces-de-interes/EnvejradiacUVIX.pdf>

STIRLIC, M., KOLAR, J. y RYCHLY, J. (2002) *Paper conservation chemistry: a review of chemiluminescence studies of cellulose stability*. En "Conservation Science 2002: Papers from the Conference held in Edinburgh, Scotland, 22-24 May 2002, 182-7" London, Archetype Publications.

VESCE, Vicent C. (1976) Exposure studies of organic pigments in paint systems. Filadelfia, Official Digest Federation of Societies for Paint Technology.

VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) *Estabilidad del papel en las obras de arte*. Madrid, Editorial MAPFRE, S.A.

VIÑAS TORNER, Vicente. (1992) *Primeras jornadas archivísticas "El papel y las tintas" en la transmisión de la información. 6 El papel sintético: La otra alternativa*. Palos de la Frontera, Huelva: Diputación Provincial de Huelva.

VIÑAS, V. (1994) *El papel sintético, la otra alternativa*. Primeras Jornadas Archivísticas. *El papel y las Tintas en la transmisión de información*. Huelva, Diputación Provincial de Huelva.

WILLIAMS, J. (1979) *Paper permanence: A Step in Addition to Akalization*. Restaurator, núm. 3.

WILLIAMSON, C. J. (1992) *150 years of Plastic Degradation. Polymers in Conservation*. Cambridge.

XUCLA, A. (1982) *Futuro de la industria celulósica*. Investigación y Técnica del papel, nº74, Tomo XIX, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española.

7.2 Tesis Doctorales

COLINA BOTELLO, Manuel de la. (1988) *Soporte en la pintura y manipulaciones técnicas*. Tesis doctoral dirigida por el profesor Dr. Manuel López –Villaseñor, Departamento de Pintura de la Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid.

GARCÍA FERNÁNDEZ-VILLA, Silvia (2010) *Los plásticos en el arte y el diseño hasta 1945: historia, tecnología, conservación e identificación*. Tesis doctoral dirigida por la doctora Margarita San Andrés Moya. Departamento de Pintura de la Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid.

GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Joaquín. (1989) *Técnicas y materiales de dibujo en España. Noticias sobre el concepto y la práctica del dibujo en los tratados españoles*. Tesis doctoral dirigida por Manuel López Villaseñor. Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid.

RODRÍGUEZ SANCHO, Isabel. (1994) *Nuevos soportes rígidos con fines artísticos*. Tesis Doctoral dirigida por el profesor Dr. Manuel Huertas Torrejón, Departamento de Pintura de la Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid.

VIÑAS LUCAS, Ruth. (1995) *Estabilidad de los papeles para estampas y dibujos, el papel como soporte de dibujos y grabados, conservación*. Tesis doctoral dirigida por Álvaro Paricio Latasa. Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes, Departamento de Dibujo.

7.3 Direcciones Web

CORPORACIÓN YUPO 2008. [Consultado el 10/02/2013]
Disponible en: <http://yupo.com/>

NATIONAL ARCHIVES 2018 [Consultado el 20/05/2018]
Disponible en: <https://www.archives.gov/>

Q-LAB TECHNICAL BULLETIN "LU-0822 - Sunlight, Weathering, Light Stability" (QUV Accelerated Weathering Tester) 2018 [Consultado el 19/12/2017] Disponible en:
<https://www.q-lab.com/documents/public/cd131122-c252-4142-86ce-5ba366a12759.pdf?ReturnUrl=/resources/technical-bulletins.aspx>

Q-LAB TECHNICAL BULLETIN "Weathering & Light Stability. A Testing Summary Guide" 2018 [Consultado el 20/12/2017] Disponible en:
<https://www.q-lab.com/documents/public/83922340-0f0e-4652-813c-9efd5b64ce7d.pdf>

TEXTOS CIENTÍFICOS 2013 [Consultado el 9/04/2013] Disponible en:
<http://www.textoscientificos.com/polimeros/polipropileno>

7.4 Direcciones Web relacionadas

Artistas que trabajan con papel sintético YUPO (acuarela):

GEORGE JAMES WATERCOLOR 2018 [Consulta el 10 de marzo de 2016] Disponible en: <http://www.georgejameswatercolor.com/>

JANICE TINGUM FINE ART *What's new in painting in yupo paper* 2018 [Consulta el 10 de marzo de 2018] Disponible en: <http://janicetingum.com/page/7188/whats-new-in-painting-on-yupo-paper>

SANDRINE PELISSIER BLOG *Painting with watercolor on Yupo paper: A few techniques* 2016 [Consulta el 10 de marzo de 2018] Disponible en: <https://paintingdemos.com/painting-with-watercolors-on-yupo-paper-a-few-techniques/>

TAYLOR IKIN, ARTIST 2018 [Consulta el 10 de marzo de 2018] Disponible en: <http://www.taylorikin.com/>

Vídeos de artistas pintando con acuarelas sobre papel YUPO:

YOUTUBE *Alcohol Inks Tutorial: mono(bi)chromatic Works on yupo* 2015 [Consulta el 10 de marzo de 2016] Disponible en: <https://youtu.be/FEfJPCemnf8>

YOUTUBE *Painting Smooth Washes on Yupo Watercolor Paper* 2012 [Consulta el 10 de marzo de 2016] Disponible en: <http://youtu.be/Ktbg6XSvVt8>

YOUTUBE *Painting with watercolor on Yupo paper: a few techniques* 2010 [Consulta el 10 de marzo de 2016] Disponible en: <http://youtu.be/JFvNv5foVE>

YOUTUBE *The Artistic Process on Yupo Paper with George James* 2009 [Consulta el 10 de marzo de 2016] Disponible en: <http://youtu.be/7gMla4jpsKM>

Dónde comprar papel sintético YUPO (USA):

LEGION PAPER *YUPO® & YUPO® Translucent* 2017 [Consulta el 21 de mayo de 2018] Disponible en: <http://www.legionpaper.com/yupo>

YUPO SYNTHETIC PAPER *Yupo to Go* 2018 [Consulta el 21 de mayo de 2018] Disponible en: <https://www.shopyupo.com/>

Página de Pinterest de la Corporación Yupo, dedicada a fotos de arte realizado con papel YUPO:

PINTEREST *Art on YUPO* 2018 [Consulta el 21 de mayo de 2018]
Disponible en: <http://pinterest.com/yupocorporation/art-on-yupo/>

8. ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Imagen de un grabado en madera de la dinastía Ming que describe los cinco pasos principales en el antiguo proceso de fabricación del papel en China, tal como lo describió Cai Lun en el 105 d.C https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Making_Paper.gif#/media/File:Making_Paper_5.PNG [Consultado el 13/03/2018].....	12
Imagen 2: Papel de papiro de El Cairo, Egipto. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blank_papyrus_paper.jpg [Consultado el 13/03/2018].....	12
Imagen 3: Papel Kraft para embalaje (alta resistencia) http://simapack.com/wp-content/uploads/2014/04/Liso-Bobinas-250x250.png [Consultado el 13/03/2018].....	15
Imagen 4: Papel de poliéster https://hspnet.com.br/wp-content/uploads/2015/10/papel-vegetal-a3-297-x-420mm-caixa-180g-100-folhas-242801-MLB20410230326_092015-F-600x600.jpg [Consultado el 13/03/2018].....	16
Imagen 5: Productos realizados con papel sintético. https://japan.yupo.com/english/product/lookup/use/use_01.html [Consultado el 23/05/2018].....	20
Imagen 6: Productos realizados con papel sintético. https://japan.yupo.com/english/product/lookup/use/use_01.html [Consultado el 23/05/2018].....	20
Imagen 7: Productos realizados con papel sintético. https://japan.yupo.com/english/product/lookup/use/use_01.html [Consultado el 23/05/2018].....	20
Imagen 8: Productos realizados con papel sintético. https://japan.yupo.com/english/product/lookup/use/use_01.html [Consultado el 23/05/2018].....	20
Tabla 1: Esquema de causas de alteración del papel. KRAEMER KOELLER, Gustavo. (1973) <i>Tratado de la previsión del papel y de la conservación de bibliotecas y archivos Tomo 1</i> . Madrid. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Secretaría general Técnica. Dirección General de Archivos y Bibliotecas. P. 9- 11.....	27
Imagen 9: Fibras de celulosa en el papel. http://www.ehu.eus/biomoleculas/hc/jpg/cellulose2.jpg [Consultado el 4/03/2018].....	28
Imagen 10: Resina de Colofonia. https://www.ladespensadeljabon.com/WebRoot/StoreES3/Shops/ec4758/574E/1BB1/7FA0/A6A4/96CC/52DF/D03B/A7C6/Colofonia.jpg [Consultado el 4/03/2018].....	32

Imagen 11: Detalle de degradación por incrustación de partículas metálicas. RODRÍGUEZ LASO, M ^a Dolores. (1999) <i>El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva</i> . Guipuzkoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. P.130.....	35
Imagen 12: Corrosión por tinta ferrogálica http://biblioteca.ucm.es/BUCM/media/images/blogs/fotoblog4708.JPG [Consultado el 6/03/2018].....	37
Imagen 13: Declaración de la Independencia de los Estados Unidos de América en su ubicación actual en el edificio de Archivos Nacionales en Washington. https://www.archives.gov/publications/prologue/2016/fall/declaration [Consultado el 6/03/2018].....	38
Imagen 14: Estampa afectada por humedad (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura). VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) <i>Estabilidad del papel en las obras de arte</i> . Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P.58.....	42
Imagen 15: Amarilleamiento ocasionado por incorrecta iluminación durante una exposición prolongada. La zona interior no ha sufrido alteración por quedar protegida (oculta) por otro dibujo. (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura). VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) <i>Estabilidad del papel en las obras de arte</i> . Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P.59.....	45
Tabla 2: Factores ideales para el crecimiento de hongos. Realizada por la autora.....	50
Imagen 16: Desnudo de Diaz de Olano (Lapiz y conté), degradado por “foxing”. RODRÍGUEZ LASO, M ^a Dolores. (1999) <i>El soporte de papel y sus técnicas. Degradación y conservación preventiva</i> . Guipuzkoa, Servicio Editorial Universidad del País Vasco. P.147.....	52
Imagen 17: Lepisma. KRAEMER KOELLER, Gustavo. (1973) <i>Tratado de la previsión del papel y de la conservación de bibliotecas y archivos Tomo 2</i> . Madrid. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Secretaría general Técnica. Dirección General de Archivos y Bibliotecas. L, XXXIII.....	53
Imagen 18: Lepisma. http://nobugs.ca/wp/wp-content/uploads/2012/07/cat_silverfish.jpg [Consultado el 18/09/2017].....	53
Imagen 19: Anobium punctatum. KRAEMER KOELLER, Gustavo. (1973) <i>Tratado de la previsión del papel y de la conservación de bibliotecas y archivos Tomo 2</i> . Madrid. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Secretaría general Técnica. Dirección General de Archivos y Bibliotecas. L XLV.....	53

Imagen 20: Anobium punctatum. http://www.eixer.net/Biologia/Larva_Anobium_punctatum.jpg [Consultado el 18/09/2017].....	53
Imagen 21: Ataque de anóbidos. VIÑAS LUCAS, Ruth. (1996) <i>Estabilidad del papel en las obras de arte</i> . Madrid, Editorial MAPFRE, S.A. P. 67.....	54
Imagen 22: Pronóstico de demanda de productos de papel y Madera en (a) Europa, (b) América y África y (c) Asia, de 2005 a 2050. LAMBERG, Juha-Anti; OJALA, Jari; PELTONIEMI, Mirva; SÄRKKÄ, Timo. (2012) <i>The evolution of Global Paper Industry 1800-2050. A comparative Analysis</i> . Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer. P.32.....	66
Imagen 23: Demanda total de productos de papel y madera en las diferentes regiones 2005-2050. LAMBERG, Juha-Anti; OJALA, Jari; PELTONIEMI, Mirva; SÄRKKÄ, Timo. (2012) <i>The evolution of Global Paper Industry 1800-2050. A comparative Analysis</i> . Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer. P.333.....	67
Imagen 24: Artículos sobre papel sintético en prensa. DUCEY, Michael J. (2002) <i>Synthetic papers on the upswing</i> Graphic Arts Monthly; May 2002 P. 74.....	70
Imagen 25: Artículos sobre papel sintético en prensa. LICATA, Mike (1999) <i>The truth about synthetic paper</i> . In - Plant Printer; Mar/Apr 1999. P. 39.....	71
Imagen 26: Artículos sobre papel sintético en prensa. LICATA, Mike (1999) <i>The truth about synthetic paper</i> . In - Plant Printer; Mar/Apr 1999. P. 39.....	71
Imagen 27: Artículos sobre papel sintético en prensa. LICATA, Mike (1999) <i>The truth about synthetic paper</i> . In - Plant Printer; Mar/Apr 1999. P. 39.....	71
Imagen 28: Proceso de fabricación YUPO® http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	74
Imagen 29: Estructura de la película de papel sintético. http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	75
Imagen 30: Fotografías de microscopio electrónico e imágenes 3D. http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	75
Imagen 31: Eliminación del papel sintético. http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	81
Imagen 32: Aplicaciones del papel sintético. http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	82
Imagen 33: Aplicaciones del papel sintético. http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	82

Imagen 34: Aplicaciones del papel sintético. http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	82
Imagen 35: Aplicaciones del papel sintético. http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	82
Imagen 36: Aplicaciones del papel sintético (2). http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	83
Imagen 37: Aplicaciones del papel sintético (2). http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	83
Imagen 38: Aplicaciones del papel sintético (2). http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	83
Imagen 39: Aplicaciones del papel sintético (2). http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	83
Imagen 40: Punzonado del papel sintético. http://japan.yupo.com [Consultado el 04/03/2016].....	85
Imagen 41: Pruebas sobre cartulina. Realizada por la autora.....	90
Imagen 42: Pruebas sobre YPBL 250. Realizada por la autora.....	91
Imagen 43: Prueba de carboncillo sobre YPBL 250. Realizada por la autora.....	92
Imagen 44: Prueba de grafito sobre YPBL 250. Realizada por la autora.....	92
Imagen 45: Prueba de lápiz de colores sobre YPBL 250. Realizada por la autora.....	93
Imagen 46: Prueba de lápiz acuareable sobre YPBL 250. Realizada por la autora.....	93
Imagen 47: Prueba de acuarela sobre YPBL 250. Realizada por la autora.....	93
Imagen 48: Prueba de acrílico sobre YPBL 250. Realizada por la autora.....	94
Imagen 49: Prueba de óleo sobre YPBL 250. Realizada por la autora.....	94
Imagen 50: Prueba de carboncillo sobre YPBL 250 con gesso. Realizada por la autora.....	95

Imagen 51: Prueba de grafito sobre YPBL 250 con gesso. Realizada por la autora.....	95
Imagen 52: Prueba de lápiz de color sobre YPBL 250 con gesso. Realizada por la autora.....	96
Imagen 53: Prueba de lápiz acuareable sobre YPBL 250 con gesso. Realizada por la autora.....	96
Imagen 54: Prueba de acuarela sobre YPBL 250 con gesso. Realizada por la autora.....	97
Imagen 55: Prueba de acrílico sobre YPBL 250 con gesso. Realizada por la autora.....	97
Imagen 56: Prueba de acrílico sobre YPBL 250 con gesso. Realizada por la autora.....	97
Imagen 57: Pruebas sobre FEB 300. Realizada por la autora.....	99
Imagen 58: Prueba de carboncillo sobre FEB 300. Realizada por la autora.....	100
Imagen 59: Prueba de grafito sobre FEB 300. Realizada por la autora.....	100
Imagen 60: Prueba de lápiz de color sobre FEB 300. Realizada por la autora.....	101
Imagen 61: Prueba de lápiz acuareable sobre FEB 300. Realizada por la autora.....	101
Imagen 62: Prueba de acuarela sobre FEB 300. Realizada por la autora.....	102
Imagen 63: Prueba de acrílico sobre FEB 300. Realizada por la autora.....	102
Imagen 64: Prueba de óleo sobre FEB 300. Realizada por la autora.....	102
Imagen 65: Prueba de carboncillo sobre FEB 300 con aparejo. Realizada por la autora.....	103
Imagen 66: Prueba de grafito sobre FEB 300 con aparejo. Realizada por la autora.....	103
Imagen 67: Prueba de lápiz de color sobre FEB 300 con aparejo. Realizada por la autora.....	104

Imagen 68: Prueba de lápiz acuareable sobre FEB 300 con aparejo. Realizada por la autora.....	104
Imagen 69: Prueba de acuarela sobre FEB 300 con aparejo. Realizada por la autora.....	105
Imagen 70: Prueba de acrílico sobre FEB 300 con aparejo. Realizada por la autora.....	105
Imagen 71: Prueba de óleo sobre FEB 300 con aparejo. Realizada por la autora.....	106
Imagen 72: Pruebas sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	107
Imagen 73: Prueba de carboncillo sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	108
Imagen 74: Prueba de grafito sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	108
Imagen 75: Prueba de lápiz de color sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	109
Imagen 76: Prueba de lápiz acuareable sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	109
Imagen 77: Prueba de acuarela sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	110
Imagen 78: Prueba de acrílico sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	110
Imagen 79: Prueba de óleo sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	111
Imagen 80: Prueba de carboncillo sobre QJJ 400 con aparejo. Realizada por la autora.....	111
Imagen 81: Prueba de grafito sobre QJJ 400 con aparejo. Realizada por la autora.....	112
Imagen 82: Prueba de lápiz de color sobre QJJ 400 con aparejo. Realizada por la autora.....	112
Imagen 83: Prueba de lápiz acuareable sobre QJJ 400 con aparejo. Realizada por la autora.....	113
Imagen 84: Prueba de acuarela sobre QJJ 400 con aparejo. Realizada por la autora.....	113

Imagen 85: Prueba de acrílico sobre QJJ 400 con aparejo. Realizada por la autora.....	114
Imagen 86: Prueba de óleo sobre QJJ 400 con aparejo. Realizada por la autora.....	114
Imagen 87: Pruebas sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	115
Imagen 88: Prueba de carboncillo sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	116
Imagen 89: Prueba de grafito sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	116
Imagen 90: Prueba de lápiz de color sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	117
Imagen 91: Prueba de lápiz acuareable sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	117
Imagen 92: Prueba de acuarela sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	118
Imagen 93: Prueba de acrílico sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	118
Imagen 94: Prueba de óleo sobre PFU 250. Realizada por la autora.....	119
Imagen 95: Prueba de carboncillo sobre FPU 250 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	119
Imagen 96: Prueba de grafito sobre FPU 250 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	120
Imagen 97: Prueba de lápiz de color sobre FPU 250 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	120
Imagen 98: Prueba de lápiz acuareable sobre FPU 250 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	121
Imagen 99: Prueba de acuarela sobre FPU 250 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	121
Imagen 100: Prueba de acrílico sobre FPU 250 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	121

Imagen 101: Prueba de óleo sobre FPU 250 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	122
Imagen 102: Pruebas sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	123
Imagen 103: Prueba de carboncillo sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	124
Imagen 104: Prueba de grafito sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	124
Imagen 105: Prueba de lápiz de color sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	125
Imagen 106: Prueba de lápiz acuareable sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	125
Imagen 107: Prueba de acuarela sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	125
Imagen 108: Prueba de acrílico sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	126
Imagen 109: Prueba de óleo sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	126
Imagen 110: Prueba de carboncillo sobre FRB 130 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	127
Imagen 111: Prueba de grafito sobre FRB 130 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	127
Imagen 112: Prueba de lápiz de color sobre FRB 130 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	128
Imagen 113: Prueba de lápiz acuareable sobre FRB 130 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	128
Imagen 114: Prueba de acuarela sobre FRB 130 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	128
Imagen 115: Prueba de acrílico sobre FRB 130 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	129
Imagen 116: Prueba de óleo sobre FRB 130 con aparejo sintético. Realizada por la autora.....	129

Imagen 117: Muestras de FEBA 300, BLR 150 y QFF 400 después del ensayo. Realizada por la autora.....	132
Tabla 3: Variaciones de peso de las muestras después del ensayo. Realizada por la autora.....	133
Tabla 4: Variaciones de peso de las muestras QJJ 400 después del ensayo. Realizada por la autora.....	133
Tabla 5: Variaciones de peso de las muestras FEB 250 después del ensayo. Realizada por la autora.....	134
Tabla 6: Variaciones de peso de las muestras FRB 130 después del ensayo. Realizada por la autora.....	134
Tabla 7: Variaciones de peso de las muestras FPU 250 después del ensayo. Realizada por la autora.....	135
Tabla 8: Variaciones de peso de las muestras QFF 400 después del ensayo. Realizada por la autora.....	135
Tabla 9: Variaciones de peso de las muestras RUU 400 después del ensayo. Realizada por la autora.....	136
Tabla 10: Variaciones de peso de las muestras FEBA 300 después del ensayo. Realizada por la autora.....	136
Tabla 11: Variaciones de peso de las muestras TPRA 90 después del ensayo. Realizada por la autora.....	137
Tabla 12: Variaciones de peso de las muestras YPBL 250 después del ensayo. Realizada por la autora.....	137
Tabla 13: Variaciones de peso de las muestras BLU 150 después del ensayo. Realizada por la autora.....	138
Tabla 14: Variaciones de peso de las muestras BLR 150 después del ensayo. Realizada por la autora.....	138

Imagen 118: Muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (7 días). Realizada por la autora.....	139
Tabla 15: Variaciones de peso de las muestras tras el ensayo (2). Realizada por la autora.....	141
Tabla 16: Variaciones de peso de las muestras BASIC después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	141
Tabla 17: Variaciones de peso de las muestras QJJ 400 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	142
Tabla 18: Variaciones de peso de las muestras FEB 250 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	142
Tabla 19: Variaciones de peso de las muestras FRB 130 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	143
Tabla 20: Variaciones de peso de las muestras FPU 250 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	143
Tabla 21: Variaciones de peso de las muestras QFF 400 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	144
Tabla 22: Variaciones de peso de las muestras RUU 400 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	144
Tabla 23: Variaciones de peso de las muestras FEBA 300 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	145
Tabla 24: Variaciones de peso de las muestras TPRA 90 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	145
Tabla 25: Variaciones de peso de las muestras YPBL 250 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	146
Tabla 26: Variaciones de peso de las muestras BLU 150 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	146

Tabla 27: Variaciones de peso de las muestras BLR 150 después del ensayo (2). Realizada por la autora.....	147
Imagen 119: Muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (5 meses). Realizada por la autora.....	147
Imagen 120: Detalle de las muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (5 meses). Realizada por la autora.....	149
Imagen 121: Detalle de las muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (5 meses) (2). Realizada por la autora.....	150
Imagen 122: Detalle de las muestras del ensayo de comportamiento antes agentes químicos líquidos (5 meses) (3). Realizada por la autora.....	151
Imagen 123: Daño por luz solar en materiales. Q-LAB TECHNICAL BULLETIN "Weathering & Light Stability. A Testing Summary Guide" https://www.q-lab.com/documents/public/83922340-0f0e-4652-813c-9efd5b64ce7d.pdf [Consultado el 15/05/2018].....	154
Imagen 124: Espectro de la luz Q-LAB TECHNICAL BULLETIN "LU-0822 - Sunlight, Weathering, Light Stability" (QUV Accelerated Weathering Tester) https://www.q-lab.com/documents/public/cd131122-c252-4142-86ce-5ba366a12759.pdf?ReturnUrl=/resources/technical-bulletins.aspx [Consultado el 15/05/2018].....	155
Imagen 125: Distribución de la energía espectral de la luz solar a lo largo del día. Q-LAB TECHNICAL BULLETIN "LU-0822 - Sunlight, Weathering, Light Stability" (QUV Accelerated Weathering Tester) https://www.q-lab.com/documents/public/cd131122-c252-4142-86ce-5ba366a12759.pdf?ReturnUrl=/resources/technical-bulletins.aspx [Consultado el 15/05/2018].....	155
Imagen 126: Resultados del ensayo de envejecimiento acelerado. Realizada por la autora.....	157
Imagen 127: Muestra TPRA 90 después del ensayo. Realizada por la autora.....	158
Imagen 128: Muestra de papel Basic después del ensayo de envejecimiento acelerado. Realizada por la autora.....	159

Imagen 129: Resultados del ensayo Radiación UV. Realizada por la autora.....	159
Imagen 130: Tratamiento del papel previo a pintar sobre él. Realizada por la autora.....	161
Imagen 131: Distintas técnicas sobre papel QJJ 400. Realizada por la autora.....	162
Imagen 132: Grafito y acuarela sobre papel FEB 250. Realizada por la autora.....	163
Imagen 133: Acrílico y óleo sobre papel FEB 250. Realizada por la autora.....	164
Imagen 134: Grafito y acuarela sobre papel FRB 130. Realizada por la autora.....	165
Imagen 135: Óleo sobre papel FRB 130. Realizada por la autora.....	166
Imagen 136: Grafito y acuarela sobre papel FPU 250. Realizada por la autora.....	167
Imagen 137: Óleo sobre papel FPU 250. Realizada por la autora.....	168
Imagen 138: Acuarela sobre papel QFF 400. Realizada por la autora.....	169
Imagen 139: Acuarela sobre papel QFF 400 (2). Realizada por la autora.....	170
Imagen 140: Óleo sobre papel QFF 400. Realizada por la autora.....	171
Imagen 141: Grafito y acuarela sobre papel RUU 400. Realizada por la autora.....	172
Imagen 142: Óleo sobre papel RUU 400. Realizada por la autora.....	173
Imagen 143: Grafito y acuarela sobre papel FEBA 300. Realizada por la autora.....	174
Imagen 144: Acrílico y óleo sobre papel FEBA 300. Realizada por la autora.....	174
Imagen 145: Grafito y acuarela sobre papel TPRA 90. Realizada por la autora.....	175

Imagen 146: Acrílico sobre papel TPRA 90. Realizada por la autora.....	176
Imagen 147: Óleo sobre papel TPRA 90. Realizada por la autora.....	177
Imagen 148: Grafito y acuarela sobre papel YPBL 250. Realizada por la autora.....	178
Imagen 149: Acrílico y óleo sobre papel YPBL 250. Realizada por la autora.....	179
Imagen 150: Grafito y acuarela sobre papel BLU 150. Realizada por la autora.....	180
Imagen 151: Acrílico y purpurina sobre papel BLU 150. Realizada por la autora.....	181
Imagen 152: Acrílico y purpurina sobre papel BLU 150 (al trasluz). Realizada por la autora.....	182
Imagen 153: Acrílico y óleo sobre papel BLU 150. Realizada por la autora.....	183
Imagen 154: Grafito y acuarela sobre papel BLR 150. Realizada por la autora.....	184
Imagen 155: Acrílico y óleo sobre papel BLR 150. Realizada por la autora.....	185
Imagen 156: Proceso del trabajo sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	188
Imagen 157: Proceso del trabajo sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	188
Imagen 158: Proceso del trabajo sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	188
Imagen 159: Trabajo sobre FRB 130. Realizada por la autora.....	189
Imagen 160: Proceso del trabajo sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	191
Imagen 161: Proceso del trabajo sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	191
Imagen 162: Proceso del trabajo sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	191

Imagen 163: Trabajo sobre FPU 250. Realizada por la autora.....	192
Imagen 164: Proceso del trabajo sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	193
Imagen 165: Proceso del trabajo sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	193
Imagen 166: Proceso del trabajo sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	193
Imagen 167: Trabajo sobre QJJ 400. Realizada por la autora.....	194
Imagen 168: Esculturas de papel sintético de Noriko Ambe. http://pinterest.com/yupocorporation/art-on-yupo/ [Consultado el 25/6/2013].....	196
Imagen 169: Esculturas de papel sintético de Noriko Ambe. http://pinterest.com/yupocorporation/art-on-yupo/ [Consultado el 25/6/2013].....	196
Imagen 170: Diseño con papel sintético de Chiori Ito. http://pinterest.com/yupocorporation/art-on-yupo/ [Consultado el 25/6/2013].....	197
Imagen 171: Instalación de Noriko Ambe, "TIME LAG," de "Linear Actions," 2011. http://pinterest.com/yupocorporation/art-on-yupo/ [Consultado el 25/6/2013].....	197

